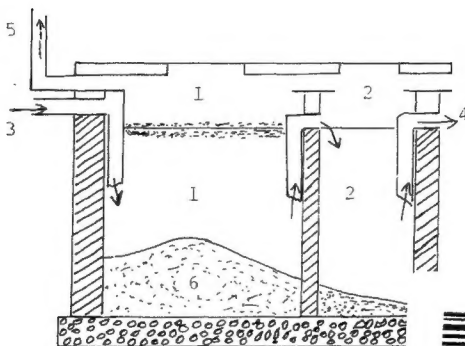


طرق معالجة مياه الصرف



الدكتور نصر الحايك
رئيس الهيئة التدريسية في معهد الكيمياء
(جامعة قسنطينة)



طرق معالجة مياه الصرف

الطبعة الأولى : ١٩٩٠

عدد النسخ : ١٥٠٠

جميع الحقوق محفوظة للناسر

دار الحصاد للنشر والتوزيع

دمشق - بركة - جانب سانا - هـ ٢٤٦٣٢٦

طرق معالجة مياه الصرف

الدكتور نصر الحايك
عضو الهيئة التدريسية في معهد الكيمياء
(جامعة قسطينة)

المقدمة

يزداد احتياجنا إلى الماء كلما تقدمنا تكنولوجيا نتيجة الاستعمال المفرط للماء في المجتمعات المتقدمة وذلك في المجالات الصناعية والزراعية والخدمات الصحية وتوليد الطاقة وفي الاستهلاك اليومي . ويختلف الاستهلاك اليومي للماء بين الدول المتحضرة والدول الفقيرة نتيجة الاستخدام الواسع للأجهزة المعتمدة على الماء كغسالات الثياب وغسالات أدوات المطبخ وغيرها، فما زال انسان العالم الثالث يكتفي بأقل من 100 ليتر يوميا لسد احتياجاته، في حين أن معدل ما يستهلكه الفرد الواحد في الدول الصناعية لا يقل عن 200 ليتر يوميا . أما استهلاك المياه في المجالات الصناعية فإنها تزداد يوماً بعد يوم نتيجة التطور الصناعي المستمر . وتطرح تلك المياه المستهلكة ضمن البيئة المائية بعد تحميلها بالملوثات العضوية والشعاعية والحيوية حيث تعالج في بعض الحالات بينما يتم التخلص منها دون معالجة في أكثر الحالات كل ذلك أدى إلى زيادة مطردة في تلوث البيئة .

لم يكن تلوث البحار والأنهار بالأمر الجديد فقد كانت أقرب الأماكن إلى تفكير الانسان منذ بدأ يطرح فضلات أنشطته المختلفة بعيداً عن مكان معيشته ، ولكن المشكلة لم تكن بمثل ما هي عليه الآن ، لأن كمية الفضلات أو الملوثات كانت محدودة وكانت البحار والأنهار قادرة على استيعاب هذه الفضلات أو الملوثات وتحويلها بطريقة ذاتية، غير أن المشكلة تفاقت في الآونة الأخيرة نتيجة

الزيادة المطردة في طرح المخلفات الصناعية والزراعية والمنزلية ضمن الوسط المائي.

إن حماية البيئة والدفاع عنها مشكلة أساسية في العصر الحالي يجب إيجاد حل لها قبل نهاية القرن العشرين . ولم تعد المشكلة قابلة للحل عن طريق القوانين والتمنيات لأن خطورتها امتدت لتشمل كل جوانب الحياة وكافة المناطق على سطح الكرة الأرضية بل امتدت تلك الخطورة الى المحيط الجوي من خلال تناقص سمك طبقة الأوزون المحيطة بالكرة الأرضية والتي تحمي الحياة عليها من حرارة الشمس من خلال امتصاصها للأشعة فوق البنفسجية .

لقد أصبحت مسؤولية الدفاع عن البيئة عامة وتشمل الأفراد والحكومات في البلاد النامية والمتطورة لأن خطورتها تعدت محيط المناطق الصناعية . هذا ما دفعني إلى الاستمرار في الكتابة عن موضوع تلوث المياه مقدماً كتابي الثالث مؤمناً أن توعية الانسان بمخاطر التلوث وایضاح أسبابه هي الوسيلة الوحيدة لرفع درجة الاهتمام بالبيئة ومحاربة التلوث بشكل جماعي أفراداً وشعبياً وحكومات ومنظمات عالمية .

المؤلف

نصر الحايك

الفصل الأول

لمحة تاريخية عن معالجة مياه الصرف

1 - حفر المجاري العامة :

عرفت مدينة لندن أقدم مجاري عامة في أوروبا، حيث كان هناك قنوات لمياه الصرف المنزلية منفصلة عن قنوات مياه الأمطار والمياه الراشحة، وكلها مغطاة تحت سطح الأرض. ونظراً لضعف ميل الأرض في بعض الأماكن فقد استعملت محركات للمضخ (Nivet 1882).

تأثر نابليون الثالث بفكرة إنشاء المجاري العامة عندما كان منفياً في لندن، وأعطى فور عودته إلى باريس أمراً بإقامة مجاري عامة لمدينة باريس. وتم إنشاء مجاري مدينة باريس على مرحلتين حيث تضمنت المرحلة الأولى المجاري المغلقة والمحفورة تحت سطح الأرض، بينما تضمنت المرحلة الثانية إنشاء مجاري مفتوحة وعلى اتصال مع الجو الخارجي، مما جعلها مصدراً للأمراض والروائح وخاصة في سنوات الجفاف (1880). وصدر قانون في عام 1894 ينظم عملية إنشاء المجاري العامة، ويعطي مهلة قدرها 3 سنوات لربط كل الأبنية في قنوات مغلقة تحت سطح الأرض.

2- المحاولات الأولى لعمليات الترسب والترشيح :

بدأت فكرة معالجة مياه الصرف بإزالة المواد الصلبة الكبيرة الحجم نسبياً باستخدام عملية الترقيد، ولكن التجارب والتحليل الكيميائية قد أثبتت أن تأثير تلك العملية على درجة التلوث محدوداً جداً، مما دعى العاملين في مجال معالجة مياه الصرف الى إضافة مراحل أخرى لعملية الترقيد كتحسين طريقة فصل الجسيمات الصلبة عن السائلة وتعقيم (تطهير) المياه. استعمل في بداية الأمر الكلس الحي في تطهير المياه وظل استعماله سارياً إلى نهاية القرن التاسع عشر في الكثير من محطات التصفية المخصصة لمياه الصرف، بينما تم استبعاد استعمال الكلور والبرمنغنات لارتفاع تكاليف تحضيرها. واستخدم فيما بعد الترشيح في تصفية مياه الصرف باستعمال شبك معدني أو خشبي لازالة الأجسام الصلبة المعلقة ومن ثم استعمال الحصى والرمل الخشن مع تطبيق نظام غسل تلك المرشحات بين حين وآخر بواسطة الماء النقي.

استخدمت عملية الترسب الكيميائي لأول مرة في عام 1866 بواسطة كلور الحديد غير أن استعمالها ظل محدوداً لارتفاع ثمن كلور الحديد في تلك الفترة. وتم استخدام كبريتات الألمنيوم في عملية الترسب، غير أن العامل الاقتصادي تدخل مرة أخرى ليحد من تطبيقها بشكل واسع، وقد تم تصفية 300000 م³ من مياه الصرف في عام 1869 باستخدام كبريتات الألمنيوم، واستخدمت عدة طرق للتخلص من الرواسب الناتجة، ومن تلك الطرق التنشيف بواسطة الهواء أو الحرارة واستعمال المرشح الضاغط، غير أن الصعوبات التقنية لبعضها والناتج السلبية للبعض الآخر أدى إلى التخلي عن تلك المعالجة في الكثير من المحطات. جاءت تلك المحاولات في وقت مبكر جداً، حيث أسعار المواد الكيميائية عالية جداً بالإضافة إلى غياب التقنية القادرة على حل الكثير من الصعوبات

وخاصة التخلص من الرواسب المتشكلة بعد عملية الترسب الكيميائي ولذلك فشلت تلك العمليات ولم ترى النور في المجال العملي الا في القرن العشرين . بدأت المحاولات الاولى للجمع بين الطريقة الفيزيائية الكيميائية والطريقة الحيوية للمعالجة في بداية القرن العشرين (1900) ، حيث كتب CRIMP عن الأثر السلمي للمعالجة الكيميائية لمياه الصرف على المعالجة الحيوية . كما حدث تطور كبير في تصنيع أحواض الترقيد وجعل قاع الحوض مائلاً (60 درجة) للتخلص من الرواسب ، واختراع شفرات تدور في قاع الحوض لتنظيفه باستمرار بطريقة يدوية الى أن أصبحت آلية في عام 1925 . أما استعمال الشبك المعدني في مدخل محطة التنقية فقد ظل دون تطور لفترة طويلة مشكلاً حاجز حراسة للمحطة من الأجسام الصلبة الكبيرة المحمولة داخل التيار المائي . نشير أخيراً الى أن عمليات الترسب (Sedimentation) كانت تعرف قديماً تحت اسم عمليات التطهير (Desinfection) ، بينما عرفت عمليات الترشيح (Filtration) تحت اسم عمليات الترسب (Precipitation) .

3- تصفية مياه الصرف وإعادة استعمالها في ري المزروعات :

مصفى المجارير

Epuration et reutilisation agricole des eaux usées:

L'EPANDAGE

استعملت مياه المجارير العامة منذ القديم في ري الأراضي الزراعية ، وقد نقلت الفكرة من الصين إلى أوروبا بواسطة المبشرين المسيحيين العائدين من هناك (القرن السابع عشر) ، وكانت الصين تستعمل بشكل واسع المخلفات البشرية والحيوانية كأسمدة عضوية طبيعية في الزراعة . وتطور استعمال تلك

الطريقة مع تطور طرق التحليل الكيميائي ، حيث تم تحديد دور الآزوت والمواد العضوية في تغذية النباتات المروية بمياه المجاري العامة (1830) .

أنشئت شركة انكليزية (Metropolitan Swage Monure Company) في عام 1845 لتوزيع مياه المجاري لمدينة لندن بواسطة أنابيب خاصة على المزارعين حيث يتم مزجها مع مياه الري العادية قبل استعمالها في سقي الأراضي الزراعية . واستخدمت طريقة التصفية لمياه المجاري العامة بواسطة مساحات واسعة من الأراضي الرملية ، وقد أعطت تلك الطريقة نتائج جيدة وما زالت تستعمل حتى يومنا هذا في مناطق محدودة ونذكر منها حقل Reims في فرنسا والذي أنشئ في عام 1885 وما زال يستعمل حتى اليوم . وكان الاعتقاد السائد أن استخدام الحقل الرملية يمثل ترشيحاً ميكانيكياً لمياه الصرف إلى أن أثبت المجمع الملكي الانكليزي المختص بمعالجة المياه في تقرير له (1870) بأن تلك العملية تتضمن تحولات كيميائية وفيزيائية تؤدي الى تشكل مركبات مختلفة عن المركبات الأساسية الموجودة في مياه الصرف ، وأكد التقرير وجود تفاعلات الأكسدة الكيميائية بشكل ملحوظ ضمن الطبقة الرملية أو الترابية المغمورة بمياه المجاري . وبعد عشر سنوات من تلك النتائج ، عرفت الأجسام الحية الدقيقة الهوائية وبشكل خاص بكتريا النترجة (1882) . عُمِّمت طريقة التصفية باستعمال التربة على المدن الانكليزية الأخرى بين عامي 1860 و 1880 ، كما طبقت تلك الطريقة في مدن أوروبية أخرى ، حيث استعمل حقلًا مساحته 8000 هكتار لتصفية مياه المجاري العامة لمدينة برلين .

بدأت التجربة في مدينة باريس لتصفية مياه المجاري باستعمال حقل زراعية في عام 1867 ، حيث تم تحويل حقل الرمي القريب من Gennevilliers والمكون من أرض رملية إلى أرض زراعية منتجة للكثير من المزروعات ومروية بمياه المجاري . وتم توسيع التجربة في عام 1876 لتشمل المنطقة الواقعة في غابة Saint - Germain القريبة من Achères . وترافق هذا التوسع مع ظهور موجة احتجاج

كبيرة ضد استخدام مياه المجاري في ارواء الأراضي الزراعية وقاد تلك الحملة تياران هما:

- أصحاب القصور والبيوت القريبة من تلك المناطق، وقد احتج هؤلاء على ظهور التلوث وانتشار الروائح الكريهة مما أفقد تلك المناطق قيمتها السياحية.

- أما التيار الثاني فقد تكون من المدافعين عن البيئة وضم الأطباء والباحثين وعلى رأسهم العالم المشهور باستور (Pasteur) وطلابه، وقد طالب التيار الأخير بإقامة قنوات مغلقة لمياه الصرف من مدينة باريس الى بحر المانش في شمال فرنسا لتصب تلك المياه مباشرة في البحر لتجنب تلوث مياه الأنهار أيضاً.

ولكن رغم كل تلك الاعتراضات والاحتجاجات فإن مشروع ارواء الأراضي الزراعية بمياه المجاري العامة (التصفية باستعمال مساحات واسعة) استمر بالتطور والتوسع، حيث قُرِّر في عام 1889 بداية العمل باحداث حقول جديد قرب مدينة باريس مساحته 5500 هكتار مع تخصيص 40000 متر مكعب للمهكتار الواحد في العام، وهذا ما سمح بتصفية 80٪ من مياه الصرف لمدينة باريس والبالغة 270 مليون متر مكعب سنوياً في تلك الحقبة. غير أن موجات الاحتجاج ازدادت مع التوسع في انشاء حقول التصفية ونشر الدكتور Calmette دراسة مستفيضة عن أضرار تلك التصفية وخاصة تأثيرها في نقل البكتريا الممرضة البرازية إلى الخضار المزروعة في تلك الحقول (1901)، مما دعى وزير الفلاحة الى اصدار أمر يمنع فيه زراعة الخضار في الحقول المستعملة لتصفية مياه المجاري (20 أوت 1906). وتابع الدكتور Calmette أبحاثه في مجال تلوث المياه ليقدم بعد فترة من البحث حلاً للمشكلة باجراء التصفية الحيوية (استعمال السرير البكتري) على مياه المجاري قبل استخدامها في الري، ولكن لم تجد تلك الفكرة المؤيدين لها ولم يجري تطبيقها الا بعد سنوات عديدة حيث أصبحت تلك الفكرة حلاً جوهرياً لتصفية مياه الصرف.

بعد فترة الازدهار التي عرفتھا طريقة التصفية باستعمال مساحات واسعة

من التربة بدأت تنحسر وتختفي ليحل محلها الطرق الأخرى للمعالجة، ولكن عادت تلك الطريقة من جديد في العصر الحالي لتظهر على شكل حقول تجريبية وأخرى انتاجية وخاصة لتصفية مياه الصرف لمصانع المواد الغذائية الزراعية، ومنها مصانع الحليب ومشتقاته. وستعرف على التجارب والمنشآت القائمة حالياً في فصل لاحق.

4 - تحليل مياه الصرف:

بدأت أولى عمليات تحليل مياه الصرف في منتصف القرن التاسع عشر، وكانت تشمل بعض العناصر المتحلة (الحديد، البوتاسيوم، الصوديوم، شوارد الكلور، الكالسيوم، وحمض الكربون،) وبعض العناصر المعلقة في الماء (أكسيد الحديد والأمينيوم، والكالسيوم، المغنيزيوم، المواد العضوية الأزوتية، . . .)، وقد تم اكتشاف دور الأكسجين المنحل في الماء في عمليات التنقية الذاتية أو عمليات التصفية بحدود عام 1870 وقد احتل منذ ذلك التاريخ مرتبة خاصة وهامة في تحليل المياه.

استعملت طريقة الأكسدة بالبرمنغنات للمرة الأولى في عام 1906 كطريقة جديدة لتحديد استهلاك الأكسجين من قبل العينة المائية لأكسدة المركبات المعدنية والعضوية القابلة للأكسدة. بينما تم استعمال البرمنغنات في تحليل المياه لأول مرة في عام 1883، حيث استخدم لتحرير النشادر من العينة المائية في وسط قلوي ومن ثم معايرة النشادر بعد إجراء عملية التقطير. وفي تلك الفترة وضع العالم Kjeldahl طريقته المشهورة لمعايرة الأزوت والتي ما زالت تستعمل إلى يومنا هذا.

اكتشف العالم Winkler (1888) أول طريقة لمعايرة الأكسجين المنحل في الماء، بما سمح بتطور الأبحاث المتعلقة بدوره في عملية التنقية الذاتية والتصفية الحيوية.

للألب، كما ساعد هذا الاكتشاف على ظهور مقياس هام لتلوث المياه وهو الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين (DBO). طور الباحثون الانكليزي طريقة الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين (DBO) بأحداث عملية التمديد للعينة المائية وتحديد شروط القياس والفترة الزمنية للاحتفاظ بالعينة والتي ثبتت بخمسة أيام وهو ما يعرف حتى الآن بـ DBO5 وتم اختيار تلك الفترة الزمنية على أساس أنها تشكل الزمن اللازم لوصول مياه الصرف إلى البحر لأبعد المدن الانكليزية عنه. رغم النتائج الجيدة لمقياس الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين فقد عبر واضعها Adeney (1926) عن عدم ارتياحه لنتائجها وسعى جاهداً لايجاد مقياس جديد أكثر دقة لتلوث العضوي، وقد تكلفت جهوده بالنجاح عندما اقترح عملية الأكسدة بثاني كرومات البوتاسيوم في وسط حمضي وهو ما يعرف حالياً بمقياس الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO). انتشر هذا المقياس بشكل واسع في الولايات المتحدة الأمريكية وقام العالم Moor (1951) بتحديد شروطه بشكل دقيق، ولكن يظل العالم Adeney المؤسس الأول لطريقتي القياس DBO و DCO. يعتبر اكتشاف مقياس DCO نهاية مرحلة القياسات باستعمال الأدوات المخبرية البسيطة (الأدوات الزجاجية) وبداية عصر الأجهزة، حيث تم اختراع جهاز قياس الكربون العضوي الكلي (COT) وجهاز قياس الطلب الكلي للأكسجين (DIO).

5- السرير البكتري Lit Bacterien :

ترافقت عمليات التصفية باستعمال الحقلول الزراعية الواسعة (L'Epandage) مع دراسات مخبرية للتصفية باستعمال أعمدة من التراب أو الرمل (Müller في برلين 1865 و Franklin في لندن 1868). وبعد سنوات عديدة من البحث توصل العالم Warrington في عام 1882 الى نتائج جيدة لعملية أكسدة

الآزوت الموجود في مياه الصرف باستعمال طريقة الترشيح البطيء على طبقة من الرمال الناعمة . وفي نفس الفترة أعلن الباحث Latham عن انشائه لطبقة صناعية لتصفية مياه الصرف ارتفاعها 1,5 ومساحة سطحها 4000 م² ونحوي في داخلها التراب والفخار المشوي ، وتبلغ استطاعة تلك الطبقة تصفية المخلفات السائلة (مياه المجاري) لقرية يبلغ عدد سكانها 15000 نسمة .

أنشئت في الولايات المتحدة الأمريكية محطة Lawrence (1887) التجريبية لدراسة طرق تصفية مياه الصرف، وضمت تلك المحطة مهندسين من اختصاصات مختلفة (كيمياء، علوم جرثومية، علم المياه،) وكانت المجموعة تحت إشراف العالم المشهور في هذا المجال Allen Hazen . درست تلك المجموعة من الباحثين الفعالية الحيوية (الفعالية البيولوجية) أثناء حدوث عمليات التصفية وتوصلت إلى نتائج جيدة باستعمال الحصى بدل التربة في أعمدة الترشيح البطيء، وتم إنشاء مرشح مملوء بالحصى ويعمل بدون توقف، وقد استمرت فترة تجريبه من نوفمبر 1890 إلى جوان 1891 . وقد أعطت تلك التجربة شهرة عالمية للمركز المذكور مما جعله كعبة العاملين في مجال معالجة مياه الصرف من كل أنحاء العالم .

استخدم الباحث الإنكليزي Diddin (1892) مواد خاملة لتكون حاملاً للبكتريا مع ضخ الهواء من الأسفل وإزالة المواد المترسبة، وكتب ذلك الباحث في عام 1897 يقول : (أثبتت التجارب وبصورة أكيدة أن الطريقة الأفضل لتصفية مياه المجاري في حالة غياب المساحات الشاسعة من الأراضي تتلخص بإزالة المواد الراسبة في المرحلة الأولى ومن ثم اغناء الماء بالأجسام الحية الدقيقة وبالهواء حيث تتم عملية التصفية ومن ثم تطرح المياه الناتجة في الأنهار) . ويمكن اعتبار تلك النتائج الإشارة الأولى لطريقة التصفية بواسطة الحماة المنشطة والتي طبقت بعد 20 عاماً من ذلك التاريخ .

توالت الأبحاث خلال 20 عاماً لتحسين شروط عمل السريبر البكتري ،

والذي تطور بشكل سريع في انكلترا حيث بلغ عدد المدن المستعملة لطريقة السرير البكتري في تصفية مياه المجاري 120 مدينة في عام 1907 وكلها أعطت نتائج جيدة. بينما كان الانتشار أقل سرعة في ألمانيا، حيث بلغ عدد المدن المعتمدة على التصفية بطريقة السرير البكتري 21 مدينة فقط، بينما لم تشهد فرنسا أي انتشار لتلك الطريقة قبل عام 1907.

استمر تطور تلك الطريقة وانتشارها وما زالت تتطور باستمرار من حيث مجال تطبيقها أو المواد المستعملة داخل السرير البكتري أو التقنية في دخول الماء والهواء، وستعرف على تطورها الحديث في فصل لاحق.

6 - نظام الدوران أو القرص الحيوي :

نظراً للتكاليف العالية للسرير البكتري ولمحدودية كمية الماء المعالجة، فقد تم التوجه الى احداث أحواض كبيرة للمعالجة تحوي بداخلها أزرع متحركة تقوم بعملية تحريك للمياه وتشكل أيضاً الحامل البكتري. واستناداً لتلك الفكرة صمم مهندس المائي (Wiegand) حوضاً تتحرك داخله أذرع مصنوعة من ألواح خشبية (1900)، واقترح مهندس فرنسي نماذجاً من الاسطوانات المملوءة بمراد الفحم الحجري أو قطع الفخار المسامية، وبالتالي فإنها تمثل سرير بكتري متحرك (1915)، غير ان ذلك الاقتراح لم يتجاوز كونه اكتشاف ولم يتم تطبيقه على الاطلاق.

واقترح (Doman 1929) طريقة تجريبية تعتمد على قرص من الغرافيت مغمور بشكل جزئي في حوض المعالجة ويدور القرص بشكل عمودي مما يسمح بتهوية جزء من القرص بينما يكون القسم الآخر مغموراً داخل الحوض. غير أن وزن القرص الكبير وتكاليفه المرتفعة حالت دون انتقاله للتطبيق الصناعي. ولتوفير استهلاك الطاقة اللازمة لادارة القرص الحيوي (Disque Biologique) فقد اقترح

Maltby (1930) تكوّن قرص على شكل مروحة مؤلفة من شفرات خشبية تدور بفعل التيار المائي ، ولكن الصعوبة في التطبيق تمثلت بالتوافق بين سرعة تدفق المياه القادرة على ادارة القرص وزمن التلامس اللازم لحدوث التفاعلات الحيوية .

استمرت الاقتراحات المختلفة من قبل الباحثين الى أن ظهرت نتائج تجارب Pöpel و Hartmann في بداية عام 1950 (جامعة ستوتجارت الألمانية) والتي وضعت بشكلها الصناعي في عام 1960 . وقد انتقلت تلك الطريقة إلى أوروبا بشكل سريع ومن ثم الى الولايات المتحدة الأمريكية في عام 1969 . وطورت طريقة قرص Pöpel و Hartmann بادخال المواد البلاستيكية داخل القرص وانتشر استعمالها في المحطات الصغيرة .

7 - الحمأة المنشطة (الوحل المنشط) : Boue Activée

قدم الباحثان Arden و William في الثالث من أفريل (نيسان) 1914 نتائج تجربة هامة في تاريخ المعالجة الحيوية لمياه الصرف وتتلخص بما يلي : أجريت التجربة على 2 لتر من مياه الصرف الموضوعة في وعاء مع وجود تيار من الهواء في داخله حتى اتمام عملية النترجة . ولقد استغرقت تلك العملية 5 أسابيع ، ومن ثم تركت لترقد وفصل الطور السائل مع الاحتفاظ بالحمأة المنشطة والراسبة في قاع الوعاء ، وملئ الوعاء من جديد بمياه الصرف وانطلقت عملية المعالجة من جديد ، وكان الزمن المستغرق في المرحلة الثانية أقل من المرحلة الأولى من أجل اتمام عملية النترجة للعينات المائية . وبعد تكرار تلك العملية لمرات عديدة (إزالة الطبقة المائية بعد عملية النترجة وتعويضها بمياه صرف خام) تم الوصول الى زمن قدره 24 ساعة لاحداث نفس الفعل الذي استغرق 5 أسابيع في البداية وهذا عائد الى زيادة كمية الحمأة المنشطة في الجملة المتفاعلة . ومنذ ذلك التاريخ

اصطلح على تسمية الراسب الناتج بالحماة المنشطة (Boue Activée) ، ودخلت تلك الطريقة عالم معالجة مياه الصرف لتصبح خلال فترة قصيرة الطريقة الأكثر انتشاراً.

استمرت محاولات Ardern و Lockett للدراسة تأثير العوامل المختلفة على حركية وسرعة التحولات الحادثة (PH الوسط، درجة الحرارة، . . .) وكيفية تحديد دور الحماة المنشطة من الناحية الفيزيائية والكيميائية والحيوية والتي تتدخل في عمليات التحول الجارية. ولتأكيد كون الفعل الحيوي هو الأساس في تلك التحولات، أجريت عملية تعقيم للحماة المنشطة ووجد أنها قد فقدت فعاليتها. أكمل Ardern أبحاثه حول عملية التصفية باستعمال الحماة المنشطة معطياً نشرة ثالثة وأخيرة في سبتمبر (أيلول) 1915 محدداً من خلالها الشروط التجريبية (تدفق الهواء، كمية الحماة المنشطة، درجة الحرارة، . . .) وموضحاً تأثير العناصر السامة المنحلة في مياه الصرف على سير العملية. وبذلك كانت فترة 18 شهراً كافية لوضع طريقة جديدة في مجال تصفية مياه الصرف والتي ما زالت حتى يومنا هذا من أهم الطرق المستعملة وأكثرها انتشاراً في هذا المجال.

يعتبر Ardern أول من أعطى طريقة متكاملة لمعالجة مياه الصرف بواسطة الحماة المنشطة ولكن هناك أبحاث كثيرة تعرضت لذلك الموضوع قبل ذلك التاريخ وقد استفاد منها Ardern في وضع طريقته موضع التنفيذ بشكل نهائي ونذكر فيما يلي أهم الباحثين في هذا المجال والذين سبقوا الباحث Ardern :

Lauth (1875) , Smith (1882) , Mille (1885) , Fowler (1897), Mather (1893),
Gage - Clark (1912), Attwood (1914).

أنشئت أول محطة لتصفية مياه الصرف اعتماداً على طريقة الحماة المنشطة في Salford بطاقة قدرها 300 م³ في اليوم الواحد ومن ثم تلتها المحطة التي أنشأها

Jones و Atwood في مدينة Worcester بتغذية مستمرة وصلت الى 7500 م 3 في اليوم (1916) .

قام الأستاذ Bartow الأمريكي بزيارة إلى مخبر Ardern و Lockett وفور عودته إلى الولايات المتحدة الأمريكية باشر بتطبيق وتطوير تلك الفكرة وأنشأ محطات للتصفية في مدن كثيرة، بينما توقفت الأبحاث والانشاءات في انكلترا نتيجة الحرب العالمية الأولى . ونذكر فيما يلي أهم المحطات التي أنشأها Bartow في الولايات المتحدة الأمريكية :

المدينة	العام	الاستطاعة
TEXAS	1916	450 م ³ يومياً
MILWAUKEE N° 1	1916	7500 =
HOUSTON	1917	21000 =
HOSTON	1918	19000 =
MILWAUKEE N° 2	1925	170000 =
INDIANAPOLIS	1925	190000 =
CHICAGO	1927	660000 =

جدول ص ١٦

وبعد نهاية الحرب العالمية الأولى ، ظهرت مدرستان مختلفتان تميزت الأولى (الانكليزية) بالمحافظة على مبدأ الترجمة الكاملة ولذلك فإن زمن التماس بين الماء المراد معالجته والحماة المنشطة ظل 24 ساعة والتي سميت فيما بعد بالتهوية المطولة . بينما تميزت المدرسة الثانية (أمريكية) بالاكثفاء بزمن قصير للتماس (3 إلى 6 ساعات) والتي طبقت على عشرات المدن الأمريكية . ومنذ تلك الفترة الى يومنا

هذا فإن الأبحاث منصبة على تحسين المردود ودراسة كافة العوامل الداخلة في ذلك التحول والمؤثرة على حركية التفاعلات الحادثة، إضافة إلى ادخال الأجهزة الحديثة في تلك المحطات بحيث تحولت الى محطات آلية بشكل كامل .

8 - معالجة الحمأة : *Traitement des Boues*

طرحت مشكلة التخلص من الحمأة مع ظهور الطرق الحيوية للمعالجة (السرير البكتري أو الحمأة المنشطة) وذلك في القرن التاسع عشر، واختلفت الآراء حول طرق التخلص منها، حيث اقترح البعض تحويلها إلى سباد زراعي، بينما تخلص منها البعض الآخر بوضعها ضمن حفر مغلقة أو قذفها ضمن مياه الأنهار أو البحار.

استخدم Mouras (1883) طريقة الآبار لحفظ البقايا الناتجة عن محطة تصفية مياه الصرف لفترة زمنية كافية لتخمر تلك البقايا بحيث تكون خالية من الروائح بعد عملية التخمر. ولقد اقترح Imhoff (1907) انشاء حفرة من طبقتين، يقوم الطابق الأول بدور المرقد، بينما يشكل الطابق الآخر (الطابق السفلي) غرفة لتخمر الحمأة المتجمعة، وما زالت تلك الفكرة سائدة حتى يومنا هذا مع ادخال مادة الاسمنت في بناء تلك الحفرة.

بدأت دراسة عمليات تخمر الرواسب الناتجة عن مياه المجاري في مختبر محطة Lawrence باستعمال وعاء خاص بذلك منذ عام 1899 . وكان أول تطبيق صناعي لها في محطة التصفية Birmingham حيث أحدثت حفرة عمقها 3 م وخصصت لتجميع الحمأة الناتجة عن المحطة، ولكن رغم حدوث حالة استقرار للحمأة فإن انطلاق الروائح قد استمر مما سبب عائقاً في استمرار استخدامها، مما دعى المسؤولين عن المحطة إلى انشاء حجرة مغلقة ومغذاة باستمرار (1911) . ونظراً للتكاليف العالية لمعالجة الحمأة والقريبة من تكاليف تصفية المياه فقد استمرت

عمليات البحث لتخفيض تكاليف معالجة الحمأة ولقد أدت تلك الأبحاث إلى نتيجة هامة تمثلت باستخدام الغاز الناتج عن عمليات التخمير كمصدر للطاقة وذلك بتسخين حجرة التخمير مما أدى إلى زيادة كبيرة في سرعة التخمير أيضاً (Prüss 1920).

ظلت طريقة معالجة الحمأة بواسطة التخميرات اللاهوائية سائدة لمدة تزيد على نصف قرن، وكانت الزامية لكل محطات التصفية. غير أن انخفاض سعر الطاقة في بداية الخمسينات من هذا القرن نتيجة اكتشاف البترول سمح بتطوير طريقة التجهيز الحيوي للمركبات العضوية الموجودة في الحمأة بواسطة التفاعلات الهوائية.

تمهذف معالجة مياه الصرف إلى الحد من درجة تلوثها بحيث لا يؤدي طرحها في المياه السطحية إلى ضرر للحياة النباتية أو الحيوانية داخل الوسط المائي. وتحدد شروط المياه المتدفقة ضمن قوانين خاصة لكل بلد، ولكن هناك قواعد عامة قائمة على أسس علمية يجب أخذها بعين الاعتبار عند وضع تلك القوانين (ملحق 1).

تتم معالجة مياه الصرف العامة بطرق مختلفة، وقد تستعمل تلك الطرق بشكل منفصل أو تجمع ضمن سلسلة واحدة للمعالجة، وأهم تلك الطرق:

- منشآت للتصفية الفيزيائية.

- منشآت للتصفية الفيزيائية الكيميائية.

- منشآت للترشيح الحيوي.

- منشآت للمعالجة بالحمأة المنشطة.

الفصل الثاني

نوعية مياه الصرف ومصادرها

أدت الزيادة في عدد السكان والتحسين المستمر في نوعية السكن مع الاهتمام المتزايد بالصحة إلى زيادة مطردة في استهلاك مياه الشرب وبالتالي زيادة في حجم مياه الصرف المنزلية. مما أدى إلى وضع قوانين صارمة خاصة بشبكات مياه الصرف وتنظيم طرح الفضلات في المياه السطحية، علماً أن تلك الفضلات تشكل مصدراً هاماً من مصادر تلوث المياه السطحية والجوفية.

جرت في الفترة الأخيرة دراسات عديدة لتحديد مصدر وتركيب مياه الصرف وقد ساعد على ذلك تطور طرق التحليل، كما شملت تلك الدراسات تحديد خواص مياه الصرف المختلفة وحملتها من المواد المعلقة الصلبة أو العضوية أو الحمولة البكتيرية بدلالة حجم مياه الصرف المقتوفة أو بدلالة تدفقها. ويعبر عادة عن حمولة الماء بالمواد الصلبة بدلالة حجم مياه الصرف المطروحة، بينما يعبر عن الحمولة العضوية بدلالة المقاييس التالية: MVS, MES, DCO, DBO ، بينما تعطى الحمولة البكتيرية في العينة بعد عملية الزرع.

تحتوي مياه المجاري العامة للمدن على أنواع مختلفة منها مياه الصرف المنزلية ومياه الصرف الصناعية الناتجة عن الوحدات الصناعية الصغيرة الموجودة في داخل المدن وكذلك مياه الأمطار وبعض الينابيع التي تتدفق مباشرة في المجاري العامة.

1 - مصادر مياه الصرف :

1-1 - مياه الصرف الناتجة عن الاستعمالات المنزلية :

تجمع مياه الصرف القادمة من التجمعات السكنية في أفنية خاصة تقع عادة في مستوى منخفض بالنسبة إلى أي بناء قائم ضمن المدينة، وتقذف تلك المياه خارج التجمعات السكنية ويمكن تقسيم مصادرها إلى ما يلي :

أ - مخلفات الانسان الطبيعية (براز، بول، . . .)، توجد في المناطق السكنية قنوات تحمل مياه المراحيض لتجمع فيها بعدد مع المياه الأخرى. وتحوي تلك المياه المخلفات الطبيعية للانسان من براز وبول وغيره محمولة ضمن المياه المستعملة داخل المراحيض، ويعطي الانسان الواحد عادة 20 إلى 30 ليتر من مياه المراحيض ويكون تركيبها بشكل تقريبي كما يلي (جدول 1) :

للإنسان الواحد يومياً	غ 18 - 12	DBO ₅
للإنسان الواحد يومياً	غ 35 - 25	DCO
للإنسان الواحد يومياً	غ 12 - 8	MES
للإنسان الواحد يومياً	غ 12 - 8	MVS
للإنسان الواحد يومياً	غ 5,25 - 3,5	NH ₄ + — N
للإنسان الواحد يومياً	غ 2 - 0,2	P
10 مليار في 100 مل ماء .		بكتريا

جدول 1 : معدل نواتج الإنسان الواحد من الفضلات الطبيعية يومياً .

ب - مياه الاستعمالات المنزلية الأخرى (مغسلة، حمام، مطبخ)، يختلف حجم مياه الاستعمالات المنزلية ونوعيتها بشكل كبير تبعاً للأجهزة المستخدمة في المنزل (غسالة ألبسة، غسالة أواني المطبخ، . . .) وبالتالي فإن كمية ونوعية مياه

الصرف المنزلية ترتبط بشكل مباشر بالمستوى الاقتصادي للسكان . ويتراوح حجم الماء المستعمل من 15 ليتر للإنسان الواحد يومياً الى 100 ليتر يومياً، ويعطي الجدول 2 متوسط مخلفات الاسان الواحد يومياً باستثناء مياه المراحيض .

للإنسان الواحد يومياً	غ 40 - 50	DBO ₅
للإنسان الواحد يومياً	غ 75 - 95	DCO
للإنسان الواحد يومياً	غ 30 - 40	MES
للإنسان الواحد يومياً	غ 20 - 30	MVS
للإنسان الواحد يومياً	غ 6 - 10	NH ₄ ⁺ — N
للإنسان الواحد يومياً	غ 2 - 4	P (فوسفور)

جدول 2 : معدلات المخلفات الناتجة عن الإنسان الواحد يومياً باستثناء مياه المراحيض

يعطي الفرد الواحد الذي يعيش في منزل حديث مجوي على الأجهزة المنزلية من غسالة لللبسة وغسالة للأواني المطبخية وغيرها كمية من مياه الصرف تعادل 150 ليتر تقريباً في اليوم الواحد، ويوضح الجدول 3 تدفق مياه الصرف ومتوسط الحجم الناتج عن الاستعمال الواحد لتلك المرافق .

مصدر مياه الصرف	تدفق المياه الناتجة ليتر / ثا	الحجم المستعمل للمرة الواحدة وللإنسان الواحد (ليتر)
البالوعات	0,7	90
الحمام	0,6	125
المفضلة	0,1	10
حوض الفسيل للمطبخ	0,2	20
المراحيض	0,1	10

135	5,45	غسالة الألبسة
45	0,50	غسالة أواني المطبخ

جدول 3 : تدفق وحجم مياه الصرف الناتجة عن المرافق المختلفة في المنزل

ونجمل في الجدول 4 مخلفات الانسان الواحد يومياً :

40 - 30	MVS	150 لتر	الحجم الأعظمي
15 - 9	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	60 - 50	DBO_5
6 - 2	P (فوسفور)	130 - 100	DCO
		50 - 40	MES
حمولة بكتيرية مقدرة بعدد كوليفورم البرازية في 100 مل ماء $10^{10} - 10^8$			

جدول 4 : مخلفات الإنسان الواحد مقدرة بالفرام في اليوم الواحد .

2-1 - مياه غسيل الساحات والشوارع :

تحتوي المياه الناتجة عن غسيل الساحات العامة والشوارع مواد دسمة وزيوت اضافة إلى المواد الصلبة العالقة من تراب وفحم وغيره . ولا يمكن اعطاء فكرة عن محتويات تلك المياه من المواد الملوثة لأنها تختلف بشكل كبير بين المدن الصناعية وغير الصناعية والمدن الساحلية والداخلية وكذلك فإنها تختلف بين فصل وآخر أضف إلى كل ذلك العامل الحضاري .

3-1 - مياه الصرف الصناعية :

تحتوي مياه المجاري العامة على نسبة لا بأس بها من مياه الصرف الصناعية

الناتجة عن بعض الصناعات الصغيرة المتمركزة داخل المناطق السكنية . ويتغير تركيب تلك المياه من صناعة لأخرى وسيتم بحثها بالتفصيل في فصل لاحق .

1-4- المياه النقية المتسربة إلى المجاري العامة :

يتسرب إلى المجاري العامة مياه نقية قادمة من ينابيع أو قنوات مائية تحت سطح الأرض ، وتصب بشكل مباشر ضمن المجاري العامة ، وتتعلق كمية تلك المياه بعوامل كثيرة أهمها :

- مستوى قنوات مياه المجاري بالنسبة إلى مستوى المياه الجوفية .
- نوعية المواد المصنوعة منها المجاري (اسمنت ، تراب ، . . .)
- نفاذية التربة .

ونذكر على سبيل المثال أن مياه المجاري العامة في ألمانيا الاتحادية تحوي على نسبة تصل إلى 30٪ من المياه المتسربة .

1-5 - مياه الأمطار :

تتجمع مياه الأمطار المتساقطة على المناطق السكنية في المجاري العامة حاملة معها الأوساخ الموجودة في الجو وعلى السطوح المتساقطة عليها أو المتدفقة عبرها . ولذلك فإن هناك اختلافاً كبيراً في كمية تلك المياه ودرجة تلوثها من منطقة لأخرى ولا يمكن إعطاء معدلات عامة لها .

نوجز في الجدول التالي (جدول 5) النتائج التحليلية لمياه المجاري العامة لتجمع سكاني يعطي 150 ليتر يومياً للإنسان الواحد .

جدول 5

نوعية الملوثات	معدينة	عضوية	كلية	DBO ₅
مواد معلقة تفصل بالترقيد	130	270	400	130
مواد معلقة لا تفصل بالترقيد	70	130	200	80
مواد منحلة	330	330	660	150
مجموع المواد الصلبة المتبقية	530	730	1260	360

جدول 5 : تركيب مياه الصرف بالغرام في المتر المكعب الواحد

2 - مواصفات مياه الصرف :

تحتوي مياه الصرف العامة على مواد معدنية ومواد عضوية منحلة أو معلقة ضمن تيار الماء على شكل معلق غروي أو مواد طافية على السطح. كما تحتوي مياه المجاري العامة أجسام حية دقيقة تلعب دوراً أساسياً في عمليات التحلل العضوي الهوائية أو عمليات التخمر اللاهوائية بينما يشكل بعضها مصدراً للأمراض المعدية.

تقاس درجة تلوث مياه المجاري بتحديد معدلات مختلفة منها الكمية المتدفقة من تلك المياه أو الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين، بينما يستخدم الطلب الكيميائي كمقياساً للتلوث الناتج عن المخلفات الصناعية السائلة.

2-1 - التدفق :

تختلف كمية مياه الصرف الناتجة عن الإنسان الواحد نتيجة عوامل عديدة أهمها نوعية المساكن (ريفية أو حضرية) وتعداد السكان في المنطقة المدروسة

وكمثال على تأثير عدد السكان على التدفق نورد فيما يلي الأرقام التي تم الحصول عليها في فرنسا :

عدد السكان	مياه الصرف الناتجة عن الفرد يوميا
أقل من 10000	150 ليتر
10000 - 50000	200 ليتر
أكثر من 50000	250 - 500 ليتر

ويختلف التدفق أيضاً باختلاف الوقت مما يضطرنا إلى التعبير عن التدفق بمعياريين هما : التدفق النهاري Q_d أو متوسط التدفق اليومي Q_m ، وتعطي العلاقتان التاليتان قيمة كل منهما بدلالة الكمية الكلية المتدفقة خلال يوم واحد (Q_d) :

$$Q_d = \frac{Q_j}{14} \quad \quad Q_m = \frac{Q_j}{24}$$

حيث تمثل Q_d متوسط الكمية المتدفقة خلال ساعة واحدة من النهار، Q_m متوسط الكمية المتدفقة خلال ساعة من اليوم بكامله .

2-2 - الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين :

يتعلق تركيز DBO_5 في مياه المجاري بعدد السكان ومستوى المعيشة وكذلك بالوقت خلال اليوم الواحد، وتتراوح كمية DBO_5 المطروحة من قبل الانسان الواحد في فرنسا يومياً 60 إلى 70 غ .

2-3 - المواد المعلقة :

تعتبر MES عن المواد الصلبة المعلقة في الوسط المائي وتراوح نسبتها بين 70 إلى 80 غ للفرد الواحد يومياً .

ونوجز في الجدول 6 متوسط المعايير السابقة في عدد من دول العالم :

الدولة	التدفق لتر للفرد الواحد يومياً	DBO ₅ غ للفرد الواحد يومياً	MES غ للفرد الواحد يومياً
إيطاليا	150 - 350	70	80
كندا — الولايات المتحدة الأمريكية	400 - 500	80 - 100	100 - 120
اليابان	300 - 500	64 - 84	58 - 76
سويسرا	500	75	100

جدول 6 : متوسط معايير التلوث لمياه المجاريير العامة لبعض الدول

3 - تأثير مياه الصرف الصناعية على المجاريير العامة :

يؤدي وجود مواد عضوية غير قابلة للتحليل الحيوي أو مواد كيميائية مرجعة أو مشبعة للفعل الحيوي إلى ارتفاع النسبة DO/DBO وبالتالي وجود دليل على التلوث بالمخلفات الصناعية السائلة . تزداد باستمرار نسبة مياه الصرف الصناعية المتدفقة إلى المجاريير العامة نتيجة التوسع المستمر في بناء المنشآت الصناعية ولكون المعالجة الموحدة أقل كلفة من المعالجة المنفصلة فإن عدداً كبيراً من تلك المنشآت

الصناعية تقذف بمخلفاتها مباشرة إلى المجاري العامة دون اجراء تصفية كاملة لها. ولكن نتيجة وجود بعض المواد الكيميائية السامة أو المثبطة للفعل الحيوي، فلا بد من اجراء عمليات تصفية أولية في عدد من الصناعات وذلك قبل طرح مخلفاتها في المجاري العامة. وهناك شروط محددة موضوعة من قبل الهيئات المختصة لمياه الصرف الصناعية المسموح بتدفعها في المجاري العامة. يمكن دراسة نسبة وتأثير الفضلات السائلة الصناعية على مياه المجاري العامة من خلال مقارنة بعض المعايير العامة لتلك المياه مع مياه الصرف المنزلية:

1- مقارنة كمية الأزوت : يشكل الأزوت الكلي 15 إلى 20٪ من قيمة DO_5 في مياه الصرف المنزلية، وبالتالي فإن أي تغيير لتلك النسبة في مياه المجاري العامة يمكن اعادتها إلى وجود نسبة من مياه الصرف الصناعية.

2 - PH الوسط : تكون قيمة PH مياه الصرف المنزلية قريبة من التعادل (7 إلى 7,5)، وبالتالي فإن تغير قيمة PH الوسط لمياه المجاري العامة تكون ناتجة عن مياه الصرف الصناعية.

3- كمون الأكسدة والارجاع (E_H) : تملك مياه الصرف المنزلية كمون أكسدة وارجاع قدره + 100 ميلي فولت تقريباً. فإذا كانت قيمة كمون الأكسدة أقل من + 40 ميلي فولت فإن ذلك دليل على وجود وسط مرجع (عمليات تخمر لا هوائية، وجود مواد كيميائية مرجعة). أما إذا كانت قيمة كمون الأكسدة والارجاع أعلى من + 300 ميلي فولت فإن الوسط مؤكسداً ويمكن تفسير ذلك بوجود كميات كبيرة من المواد المؤكسدة الناتجة عن المخلفات الصناعية السائلة.

4 - السموم والمثبطات : تحوي بعض أنواع مياه الصرف الصناعية مركبات سامة للفعل الحيوي أو مثبطة له. فإذا تواجد في الوسط كميات قليلة (0,1 مغ / لتر) من شوارد النحاس أو الكروم أو الكادميوم تتناقص بشكل كبير فعالية البكتيريا في الوسط المائي. بينما وجود الكبريت بتركيز عالية (25 مغ / لتر) يؤدي إلى توقف كامل للفعل البكتيري، ومن أهم المواد السامة المتواجدة في مياه

الصرف الصناعية نذكر السيانور والمركبات الحلقية الهيدروكسيلية وبعض المواد الصيدلانية (مضادات حيوية) .

5- يؤدي تدفق المخلفات الصناعية السائلة في مياه المجاري إلى حدوث خلل في التوازن القائم ضمن الوسط المائي (اختلال في نسبة الأزوت إلى الفوسفور إلى المركبات العضوية) أو زيادة في الملوحة أو درجة الحرارة وتؤدي كل تلك العوامل إلى اختلال في عملية التحلل الحيوي .

الفصل الثالث

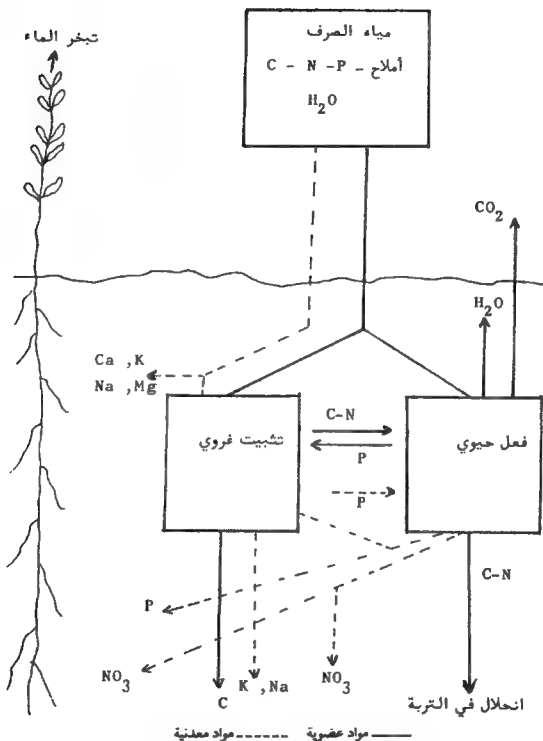
تصفية مياه الصرف بواسطة التربة

1 - مقدمة :

تشكل التربة وسطاً حيوياً طبيعياً قادراً على تصفية مياه الصرف والتخلص من المواد الملوثة المنحلة أو المعلقة ضمن تلك المياه، ويوضح الشكل التالي (شكل 1) الأفعال المختلفة لنظام تصفية المياه بواسطة التربة.

وقد استعرضنا في الفصل الأول تاريخ تلك الطريقة والتي استخدمت لأول مرة في عام 1860 وظلت تستعمل لفترة طويلة (40 عاماً) كطريقة وحيدة لتصفية مياه الصرف. غير أن ظهور طرق المعالجة الأخرى (حيوية - فيزيائية كيميائية) أدى إلى تراجعها بل واختفائها تماماً في الكثير من البلدان، ولكنها عادت للظهور من جديد (قبل عشرين سنوات) على شكل حقول محدودة في عدد من بلدان العالم مع تعديلات للطريقة القديمة من أجل استغلال أفضل للمياه في ري المزروعات.

أنشئ حقل REIMS في فرنسا عام 1885 لتصفية مياه الصرف وما زال يستعمل حتى يومنا هذا مع ارتفاعه في طاقته حيث وصلت إلى 40 ألف متر مكعب يومياً حالياً. ويتقسم حقل Reims إلى ثلاثة أقسام رئيسية هي :



شكل 1 الأفعال المختلفة لنظام تصفية المياه بواسطة التربة

380 هيكتار من الأراضي المخصصة للزراعات المتعددة

120 هيكتار مخصصة لزراعة الحور

80 هيكتار كمستنقع للمعالجة

وقد جهز الحقل بنظام القنوات المغمورة تحت سطح الأرض والحاوية على فوهات متصلة بمنظم خاص يسمح بتوزيع مياه الصرف على الأقسام المختلفة من الحقل بشكل منظم . تتم عملية إرواء الأراضي المتعددة الزراعات لمدة 8 أشهر في العام ، بينما تروى المنطقة المتبقية على مدار العام .

تتوافق حالياً طريقة التصفية بواسطة التربة مع أبحاث وتجارب للتخلص من سليباتها وتطوويرها بحيث تتناسب مع عصر تزداد فيه الحاجة للماء وتتطور فيه أيضاً حملة محاربة التلوث . وتجري دراسات على حقل Gironde في فرنسا والذي يستخدم لارواء أرض زراعية بمياه الصرف بعد معالجتها فيزيائياً فقط . ويبلغ معدل مياه الصرف المستخدمة في هذا الحقل 150 ألف لتر يوميا تتعرض للمعالجة الأولية التالية :

- تمرر المياه على شبك معدني (أبعاد فوهات 2 سم) للتخلص من المواد الصلبة الكبيرة الحجم .

- حوض لازالة الرمال (طوله 2,5 م وعرضه 1,4 م) .

- حوض لازالة الزيوت والشحوم الطافية على السطح .

- حوض لخزن المياه قبل استعمالها في الري (60 م 3)

تبلغ مساحة الحقل المستعمل 3000 م² مروية بشكل منظم وباستخدام أجهزة حديثة في عملية الارواء . تجري عمليات تحليل مستمرة للمياه المستخدمة بشكل مباشر وللمياه المتجمعة في آبار عمقها 1 م وذلك بعد عبور مياه الصرف للطبقات السطحية من التربة وتقارن النتائج لمعرفة التغيرات الحادثة على مياه

الصرف نتيجة اختراقها لسمك قدره 1 متر من التربة المزروعة، كما يتم تحليل التربة بشكل موازي لتحليل المياه. وقد أكدت النتائج المستحصل عليها تخلص مياه الصرف من البكتيريا وبعض الأملاح المنحلة بها والتي انتقلت إلى التربة، أما المردود الزراعي فهو أفضل بكثير من الأراضي المروية بمياه نقية.

نلاحظ إذا أن طريقة تصفية مياه الصرف باستعمال التربة عادت من جديد إلى الظهور بعد أن كادت تندثر مع بداية القرن الحالي، غير أن عودتها جاءت منظمة وضمن قواعد علمية تتجنب أحداث حالات تلوث وأضرار للبيئة الترابية والهوائية معاً.

نذكر على سبيل المثال بعض الحقول الأخرى التي ما زالت تستعمل حالياً:

- حقل Werribee الذي تغذيه مياه الصرف لمدينة Melbourne بتدفق يتراوح بين 365 و 950 ألف متر مكعب يومياً وتبلغ مساحته 7000 هكتار.

- حقل Port - Leuave قرب مدينة Perpignan وتلقى هذا الحقل مياه المجاري العادمة الحاملة لمخلفات 25000 ألف نسمة في فصل الشتاء و 60000 نسمة في فصل الصيف. ويتكون الحقل من ستة أحواض سطحها الكلي 4500 متر مربع. أكدت الدراسات الجيولوجية للحقل أن طبقة التربة التي تشكل المرشح البكتري تمتد إلى 5.5 متراً في داخل التربة وتقسّم إلى منطقتين مترابنتين (Superposées). يتدفق الماء في المنطقة العليا بشكل عمودي عليها وتشكل مجالاً جيداً للتحويلات الحيوية الهوائية، بينما يتدفق الماء في المنطقة السفلى بشكل أفقي نتيجة كونها مشبعة بالماء ويمكن اعتبارها حوض تجميع وتفرغ للمياه المصفاة في المنطقة العليا.

يعطي الجدول 7 النتائج التحليلية لمياه ذلك الحقل قبل وبعد اختراقها للتربة وذلك في عام 1981.

المقياس	مياه الصرف الخام	المياه المجمعة في الطبقة السفلى	المردود %
	مغ / لتر (متوسط)	مغ / لتر (متوسط)	
MES	256	0	100
DCO	600	50	98 - 95
DBO ₅	192	20	90
آزوت	88	50	40 - 30
فوسفور عضوي	36	0,01	100

جدول 7 : نتائج تصفية مياه الصرف في حقل Port - Leuate لعام 1981

2 - قدرة التربة على تصفية مياه الصرف :

تعتمد طرق التصفية باستخدام التربة الزراعية على تفاعلات حيوية تتم بواسطة تجمعات بكتيرية مثبتة داخل التربة . ويستخدم لهذه الغاية مساحات شاسعة من الأرض التي تتوفر على شروط معينة أهمها :

- عدم وجود مياه باطنية قريبة من السطح .
- وجود طبقة سطحية رملية تمتد إلى 1,5 - 2 متر وتحوي على حبيبات رملية تتراوح أبعادها بين 0,2 و 0,3 مم .

- تتبع الطبقة الرملية بطبقة أخرى أقل نفوذية .

يمكن للهيكثار الواحد من الأرض أن يعالج 1000 متر مكعب من مياه الصرف يومياً على شرط أن تكون تلك المياه قد تعرضت للمعالجة الفيزيائية قبل دخولها الحقل للتخلص من الأجسام الصلبة الكبيرة المحمولة وكذلك الزيوت والشحوم اللطافية على السطح .

تتم عملية التصفية بتعميم الماء على السطح بساكة قدرها 5 إلى 20 سم

مرة أو مرتين في اليوم الواحد مع ترك الأرض يومين متتاليين في حالة راحة تامة لكي يتم التخلص من المواد القابلة للتحلل الحيوي بواسطة البكتريا الموجودة داخل التربة والتي يتم تكاثرها نتيجة اختراق مياه الصرف للتربة حاملة معها المواد العضوية المغذية لتلك البكتريا .

تتميز طريقة التصفية باستخدام التربة بما يلي :

- تشكل التربة وسطاً طبيعياً يحوي على جسيمات معدنية ذات سطح نوعي متوسط ومسامات تسمح لعملية الامتزاز أن تحدث بشكل جيد وكذلك للبكتريا أن تتكاثر داخلها بصورة سريعة .

- السطح المستعمل كبيراً جداً ولا يمكن تعويضه بطريقة صناعية .

- تتواجد الأنواع المختلفة للبكتريا بشكل طبيعي داخل التربة .

- تجري عملية التهوية بشكل ذاتي دون الحاجة لاستخدام أجهزة وصرف

طاقة .

- يتم الاستفادة من العناصر التي تم حجزها داخل التربة في تغذية

النباتات المزروعة داخل الحقل .

2-1 - تحلل المواد القابلة للأكسدة :

تتحول المواد القابلة للأكسدة بفعل الأجسام الحية الدقيقة الى مركبات

معدنية ثابتة بينما تتحول المواد الغير قابلة للأكسدة إلى مركبات الدبال . عندما

توجد المركبات العضوية في شروط هوائية فإن الكربون العضوي يتأكسد إلى ثاني

أكسيد الكربون بفعل البكتريا الهوائية ، بينما تحدث عملية ارجاع له في الشروط

اللاهوائية ويتحول إلى غاز الميثان . تحوي التربة على البكتريا اللازمة لعملية

الأكسدة الحيوية وفي حالة توفر الاكسجين بكميات كافية داخل التربة تحدث

عملية الاكسدة الكاملة للمركبات العضوية وتتحول إلى غاز ثاني أكسيد الكربون

والماء . لنفرض أن 2 الى 3 متر مربع من الأرض لها قدرة على الأكسجة (Oxygénation) قدرها 130 الى 900 غرام من الأكسجين للمتر المربع الواحد يومياً .
وأنها تحوي 100 إلى 200 غرام من الأجسام الحية الدقيقة في المتر المربع الواحد ،
إن تلك المساحة من التربة قادرة على معالجة مخلفات انسان واحد . إذا فإن المتر المربع الواحد من التربة وفي شروط التحولات الهوائية قادر على تحلل 42,4 غرام من DCO . يتضح مما سبق أن التربة تملك قدرة عالية لتصفية مياه الصرف بالطريقة الحيوية ولكن يتطلب ذلك فترة تماس كافية لاحداث التغيرات الكاملة .

2-2 - المركبات الأزوتية :

يوجد الأزوت ضمن مياه الصرف على أشكال مختلفة :
- آزوت عضوي يدخل في تركيب الأجسام الحية الدقيقة .
- آزوت عضوي أو معلق .
- آزوت الأمونيا المنحل .
ونظراً لخطورة وصول الأزوت إلى مياه الآبار المستعملة للشرب فإن تحولات الأزوت في التربة أثناء عملية التصفية مهمة جداً ويجب مراقبة مياه الآبار القريبة باستمرار للتأكد من عدم تسرب الأزوت للمياه الباطنية .

2-2-1 - احتفاظ التربة بالأزوت :

تحتفظ التربة مؤقتاً بالأزوت الموجود في مياه الصرف ، ولا يعتبر ذلك الاحتفاظ عملية تخلص من الأزوت بل مرحلة انتقالية قبل امتصاصه من قبل النباتات أو تحوله بواسطة التفاعلات الحيوية . ويتم عملية انتقال الأزوت من مياه الصرف للتربة بطرق مختلفة نذكر منها :

- ترشيح المياه بواسطة التربة وحجز المواد المعلقة الحلوية على الأزوت في تركيبها وتستقر تلك الجسيمات في الطبقة السطحية للتربة .
- امتصاص شعري للمركبات الأزوتية المنحلة في الماء بواسطة الجسيمات الترابية .

- امتزاز المركبات الأزوتية على حبيبات التربة .
- تدبيل المواد العضوية الأزوتية (تحولها إلى مركبات الديال) بوجود جسيمات حية دقيقة (Humification) .

2-2-2 - النتجة :

تحدث عملية النتجة عند توفر الشروط المناسبة للأكسدة (بيئة هوائية ، PH قاعدي ، درجة حرارة عادية) ويتحول الأزوت العضوي إلى أزوت معدني (نترات ، نترات) . وتقوم البكتيريا الهوائية (Nitrosomonas Nitrobacter) بعملية الأكسدة مستخدمتا غاز ثاني أكسيد الكربون كمادة كربونية .

3-2-2 - نزع الأزوت Dénitrification

تشكل عملية نزع الأزوت ارجاع النترات بطريقة حيوية الى غاز أحادي أكسيد الأزوت N_2O ويحدث التفاعل عند توفر الشروط التالية :
- وسط لا هوائي
- وجود مواد عضوية في الوسط (توجد المواد العضوية بشكل دائم في مياه الصرف) .

- درجة حرارة مرتفعة نوعاً ما (60 - 65 درجة) .
- وسط قلوي .

2-2-4 - انتقال الأزوت للنباتات :

تؤثر النباتات المزروعة في حقل مروى بمياه الصرف على مصير الأزوت بشكل مباشر وبشكل غير مباشر. حيث يتمثل التأثير المباشر بامتصاص النباتات للأزوت من أجل نموها. بينما يتمثل التأثير الغير مباشر بإيجاد الظروف الملائمة في التربة لأحداث عمليات النترجة وعمليات نزع الأزوت، ففي فترات الجفاف. يمتص النبات الرطوبة من التربة مؤدياً إلى زيادة سرعة النترجة، إضافة إلى أن وجود الجذور في الأرض يساعد على عملية التهوية للتربة.

2-3 - المركبات الفوسفورية والصودية :

تحتوي مياه الصرف مركبات فوسفورية ناتجة عن استعمال المواد المنظفة بشكل واسع، وكذلك المركبات الصودية الناتجة عن استعمال كلور الصوديوم أو القادمة من المياه المالحة أو الناتجة عن عمليات إزالة عسر المياه. تتمتع التربة بقدرة عالية على امتصاص المواد الفوسفورية ولذلك فإن تسربها ضعيف جداً كما أن ارتفاع نسبة الصوديوم في مياه الآبار نتيجة تسربها لا تشكل عاملاً ملوثاً. أما الضرر الناتج عن امتصاص التربة للصوديوم فإن يتمثل في تغير بنية التربة وبالتالي تغير فعاليتها الزراعية.

2-4 - الجراثيم الممرضة :

تظل مشكلة وجود الجراثيم والبكتريا والفيروسات المسببة للأمراض واحتمال تسربها إلى المياه الباطنية قائمة دوماً رغم العديد من الدراسات التي أثبتت قدرة التراب على امتزازها وإيقافها ومنع حدوث التلوث في المياه الباطنية. وقد

وجد تجريبيا أن طبقة من التربة سمكها 1 متر وغير متشققة قادرة على حماية الطبقات الأدنى من التلوث بالجراثيم الممرضة.

الفصل الرابع

طرق التصفية الفردية لمياه الصرف المنزلية

تشكل مخلفات المراحيض 15 إلى 25 ليتر للفرد الواحد يومياً والتي تحوي تركيزاً عالية من الكوليفورم البرازية تصل الى 10^{10} في 100 مل من ماء المراحيض، كما تحوي 20 الى 30٪ من DBO وDCO الكلية لمياه الصرف المنزلية. أما الآزوت المتواجد في مياه الصرف المنزلية فإن معظمه يأتي مع مياه المراحيض (65٪). يعطي الجدول 8 نموذجاً لتحليل مياه الصرف المنزلية والناجمة عن الاستعمالات المختلفة.

المجموع	الحمام	غسالة	غسالة لؤلؤي حوض	مياه	القمام
النكل		الأبسة	للطبخ	المراحيض	غ للفرد يومياً
94,53	3,09	14,8	8,34	10,7	DBO ₅
35,17	2,26	11	4,11	5,3	MES
26,62	1,58	6,5	3,84	4,5	MVS
6,08	0,31	0,75	0,42	0,5	آزوت كلي
1,28	0,04	0,03	0,03	0,05	آزوت الأمونيا
4,01	0,04	2,15	0,42	0,8	الفوسفور
					الكلي
	29	32	27	38	درجة الحرارة 18

جدول 8 : تركيب مياه الصرف المنزلية (Siegrist 1976)

1 - حفرة التعفن : Fosse Septique

عرفت حفرة التعفن منذ فترة طويلة جداً، وتستعمل لجمع وتصفية مياه الصرف المنزلية وخاصة مياه المراحيض، وما زالت القوانين الحالية تتضمن شروط استعمالها ومواصفاتها. غير أن مياه الصرف في العصر الحالي والناجمة عن المناطق

السكنية تحوي مواد مشبعة لفعالية البكتريا مثل المواد المنظفة والمواد الصيدلانية (المضادات الحيوية) مع ارتفاع نسبة الملوحة. إن وجود تلك المواد في مياه الصرف يؤدي إلى اضطراب عملية التحولات الحيوية بشكل كلي أو جزئي تبعاً لنوعية تلك المواد وتركيزها.

1-1 - مراحل عملية التصفية في حفرة التعفن :

تقوم حفرة التعفن بمهام عديدة منها تجميع مياه الصرف وترقيدها ومحلل المركبات العضوية الموجودة في مياه الصرف بطريقة التخمرات اللاهوائية. يمكن إذا تقسيم الظواهر الحادثة الى نوعين :

- ظاهرة فيزيائية : تشمل الظاهرة الفيزيائية عملية الترقيد لفصل الجسيمات الثقيلة وعملية التطويف لفصل الجسيمات الخفيفة والزيوت والمواد الدسمة التي تشكل طبقة سطحية تسمى الغطاء المخاضم (Chapeau de Digestion) ينغمس منها في الماء 30٪ من سمكها ويبقى 70٪ فوق السطح.

- ظاهرة حيوية : تتمثل الظاهرة الحيوية بعمليات التخمر اللاهوائية للمواد العضوية الموجودة في مياه الصرف والقابلة للتخمر. تحدث عملية التخمر بفعل بكتريا لاهوائية تحول المركبات العضوية المعقدة إلى حموض عضوية أقل تعقيداً في المرحلة الأولى وعن ثم تحول تلك الحموض إلى غاز الميثان وغاز ثاني أكسيد

الكربون وكبريت الهيدروجين في المرحلة النهائية . تعطي تلك الغازات وبعض الحموض القابلة للتبخروائح كريهة . تنطلق الغازات الناتجة عن عملية التخمر في قاع الحفرة للأعلى حاملة معها البكتريا النشيطة مما يؤدي الى استمرار عملية التخمر في الطبقة السطحية أيضاً وبذلك تتحلل المواد الطافية .

تتعلق فعالية عمليات التخمر في حفرة التعفن بعوامل كثيرة أهمها :

- سعة الحفرة : يجب أن تكون الحفرة واسعة بحيث تكفي إلى استيعاب السائل والمواد الطافية والمواد الراسبة .

- زمن التلامس بين الحمأة والسائل : يكون عادة زمن التلامس طويلاً جداً ويمثل الفترة الزمنية الفاصلة بين عمليتي تفريغ متتاليتين للحفرة (2 إلى 3 سنوات) . وبالتالي فإن عملية التخمر تتخادم مع الزمن نتيجة انخفاض درجة الحرارة وتحويلات قيمة PH الوسط وتجمع المواد السامة والمواد المثبطة للفعل البكتري .

- اضطرابات هيدروليكية : تنتج الاضطرابات الهيدروليكية عن اختلاف التدفق أثناء استخدام بعض الأجهزة المستهلكة للماء في المنزل (الغسالة ، استعمال الحمام ، . .) وتؤدي زيادة سرعة التدفق إلى السقوط السريع للماء داخل الحفرة وبالتالي دفع الحمأة للسطح . أما تدفق الماء الساخن فإنه يؤدي إلى إذابة جزئية للمواد الدسمة . ولذلك يجب إقامة حاجز بين فوهة التدفق وسطح المياه المتجمعة داخل الحفرة للتخلص من الاضطرابات الهيدروليكية .

- درجة الحرارة : تتوقف عمليات التخمر في درجة حرارة أقل من 10 م ، ولكن درجة حرارة الحفرة تظل أعلى من ذلك دوماً نتيجة كونها مغلقة ومعزولة ودرجة حرارة مياه الصرف تتراوح بين 18 - 40 م مما يجعل الشروط ملائمة لحدوث عمليات التخمر .

- طرح المواد السامة مع مياه الصرف : نظراً لكون تلك المواد قليلة التركيز

ولا تطرح باستمرار في الاستعمالات المنزلية، فإن الأجسام الحية الدقيقة قادرة على مقاومة ذلك العامل بالتكاثر السريع.

- تحولات PH الوسط: تشكل تحولات PH الوسط عاملاً سبباً بالنسبة لعمليات التخمر علماً أن الوسط القلوي يؤدي إلى تحولات جيدة.

انطلاقاً من تلك المعطيات المؤثرة على عمليات التخمر في حفرة التعفن، فمن الضروري الأخذ بعين الاعتبار أموراً عديدة أثناء استخدام حفرة التعفن:

- عدم طرح الأقمشة والورق القاسي ضمن المجاري المائية.

- فصل قنوات مياه الأمطار والمياه المستعملة في عمليات التبريد (في حالة وجود تدفئة مركزية) عن مياه الصرف إن وجودها يؤدي إلى تغيرات مفاجئة في درجة الحرارة وإلى تمديد الوسط مما يؤدي إلى تناقص معتبر لفعالية التفاعلات التخمرية.

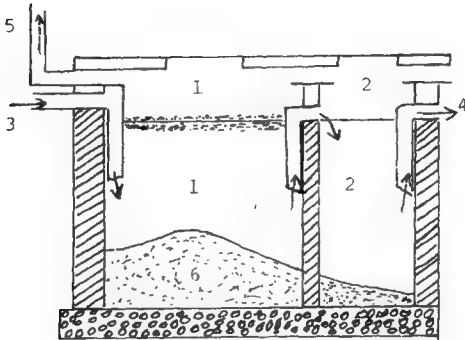
- التخفيف قدر الامكان من طرح الزيوت والفحوم الهيدروجينية (بنزين، مازوت، زيوت وشحوم، ...).

2-1- بناء حفرة التعفن:

يتم انشاء حفرة التعفن بالقرب من المنزل، وتتألف الحفرة من حجريين 1 و 2 (شكل 2).

تتلقى الحجرة 1 مياه الصرف وتمثل ثلثي الحجم الكلي للمنشأة. كما يمكن تصميم الحفرة على شكل ثلاث حجرات تكون نسب حجومها على التوالي 1:3:6 تصب مياه الصرف في الحجرة 1 بواسطة أنبوب يصل إلى مسافة داخل الحجرة تسمح لمياه الصرف بالتدفق داخل السائل مباشرة لتجنب حدوث الاضطرابات

الهيدرولية نتيجة السقوط القوي ، ولذلك يجب أن تكون نهاية الأنبوب تحت مستوى سطح الماء مع وجود انعطاف في الأنبوب ليظل مملوء بالماء كي لا يسمح لغازات التخمر بالخروج عبر الأنبوب والوصول إلى بالوعات المنزل الداخلية.



- 1 و 2 حجرتي حفرة التعفن . 3- المياه الخام . 4 - المياه المعالجة .
 5- الغازات المنطلقة والناجمة عن عمليات التحلل اللاهوائي .
 6- الحماة الراسبة .

شكل 2 : حفرة التعفن المصنوعة من الاسمنت .

يمر السائل من الحجرة 1 إلى الحجرة 2 إما بواسطة فتحة لا يقل اتساعها عن 0,01 م وتكون على ارتفاع يعادل $3/2$ من الارتفاع الكلي للحجرة، أو

بواسطة أنبوب منغمرداخل السائل في الحجرة 1 بحيث يسمح بتدفق السائل المصفى عبره . يجب أن تكون فتحة الانبوب واقعة تحت سطح الطبقة الطافية وفوق سطح الطبقة الراسبة . يشكل غاز الميثان والغازات الأخرى المنطلقة والناجمة عن عملية التخمر خطراً حقيقياً على سير عملية التخمر، ولذلك يجب السماح لها بالخروج الحر عبر أنابيب خاصة مجهزة بساحبات للغازات وتمتد تلك الأنابيب إلى ارتفاع يفوق ارتفاع المسكن كي لا يؤدي إلى تلوث مباشر للهواء .

3-1 - القياسات المطلوبة لحفرة التعفن :

تتعلق السعة المفيدة لحفرة التعفن بعوامل كثيرة نذكر منها :

- عدد السكان أو بشكل آخر عدد الغرف في المسكن .

- كمية مياه الصرف المتدفقة .

- الفترة الزمنية الفاصلة بين تفريغين متتاليين للحفرة (عامين أو ثلاثة

أعوام) .

تعتبر السعة المفيدة الجيدة لحفرة التعفن 200 لتر للإنسان الواحد في العام، على أن يكون الارتفاع أعلى من 1 متر . فإذا كان عدد السكان 4 أشخاص وتتم عملية التفريغ مرة كل ثلاثة أعوام فيجب أن يكون حجم الحفرة 2400 لتر على الأقل، وذلك لكون الرواسب الناتجة عن الإنسان الواحد تقدر بـ 100 لتر سنوياً وبالتالي يجب أن يكون حجم الحفرة ضعف الحجم المحتل من قبل المخلفات الراسبة . يعطي الجدول 9 الأبعاد الواجب التقيد بها لبناء حفرة التعفن وقد تم الحصول عليها انطلاقاً من الحسابات الواردة أعلاه .

عدد السكان	1-4	5	6	8	10
السعة المفيدة (لتر)	2400	3000	3600	4800	6000

4000	3200	2400	2000	1600	السعة المفيدة
					للحجرة 1 (لتر)
2000	1600	1200	1000	800	السعة المفيدة
					للحجرة 2 (لتر)
1,60	1,50	1,40	1,30	1,25	الحد الأدنى
					لارتفاع الماء (متر)
1,90	1,80	1,70	1,60	1,55	الحد الأدنى
					للارتفاع الداخلي (متر)
2,50	2,13	1,71	1,54	1,28	سطح الحجرة 1 (م ²)
1,25	1,07	0,86	0,77	0,64	سطح الحجرة 2 (م ²)

جدول 9 : أبعاد حفرة التعفن في حالة حدوث عملية التفريغ مرة كل ثلاثة أعوام .

لا تحتاج حفرة التعفن إلى أية صيانة خلال فترة استخدامها سوى عملية التفريغ (مرة كل 2 إلى 3 أعوام). يحتفظ عادة بنسبة 20٪ من الحمأة الموجودة في الحجرة 1 عند عملية التفريغ، بينما تفرغ الحجرة 2 تماماً. يضاف أحياناً مواد مساعدة على التخمر على شكل مزارع بكتيرية أو مواد أنزيمية مغذية لنمو البكتريا وكذلك مواد مساعدة على حلمه المواد الدسمة.

2 - المرافق الملحقة بحفرة التعفن :

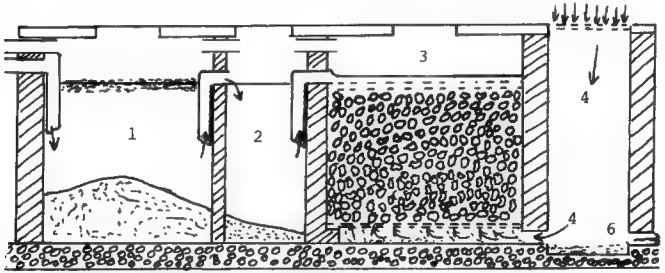
2-1 - المرشحات البكتيرية :

تخرج المياه المعالجة من حفرة التعفن وقد تخلصت من قسم كبير من المركبات العضوية المتحللة والمعلقة، ولكن يمكن متابعة عملية التصفية بإضافة

مرشح بكتري بشكل متصل مع حفرة التنفن أو بشكل منفصل عنها .

أ - مرشح بكتري هوائي :

يستعمل هذا النوع من المرشحات بشكل واسع ويتم بداخله تفاعلات الأكسدة الهوائية للمركبات العضوية المنحلة في المياه الخارجة من حفرة التنفن . يوضح الشكل 3 مرشح بكتري متصل مع حفرة التنفن . يمر الماء القادم من حفرة التنفن عبر أنبوب مثقوب من جهته السفلى الملامسة لسطح المرشح البكتري ، وتخرج المياه من تلك الثقوب لتساقط على شبك معدني يساعد على توزيعها على سطح المرشح . يحوي المرشح بداخله مواد حبيبية (فحم ، رماد الفحم الحجري ، جفاء مطحون ، بزولان) . وتكون أبعاد تلك الحبيبات 40 إلى 80 مم وارتفاع



1 و 2 - حجرتي التنفن ، 3 - المرشح البكتري الهوائي ، 4 - الهواء ، 5 - الماء الخام
6 - الماء المصفى

شكل 3 : المرشح البكتري الهوائي الملحق بحفرة التنفن

الطبقة المرشحة 80 سم على الأقل وحجمها 1 متر مكعب على الأقل (1,5 متر

مكعب على الأقل لمنزل مؤلف من 6 غرف).

يوجد في أسفل المرشح شبك يحمل الطبقة المرشحة وتمر عبره المياه المصفاة إضافة إلى دخول الهواء من الأسفل إلى الأعلى ، وينظف المرشح مرتين في العام . يلخص الجدول 10 النتائج المستحصل عليها من دراسة مرشح هوائي يحوي بداخله الرمال كمادة مرشحة بحيث تكون أبعاد حبيبات الرمال محصورة بين 0,25 و 0,60 مم وارتفاع طبقة الرمل 70 سم مع وجود طبقتين من الحصى أعلى

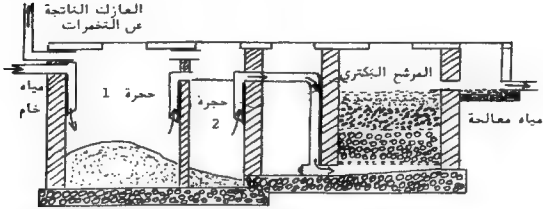
المياه الخارجة من المرشح	المياه الخارجة من الحفرة	القياس
8,2	مغ / ل 14,2	فوسفور كلي
7,6	مغ / ل 10,7	فوسفور منحل
11	مغ / ل 68	مواد معلقة
1,8	مغ / ل 169	DBO ₅
22	مغ / ل 344	DCO
1	مغ / ل 49	NH ₄ ⁺ — N
1,9	مغ / ل 63	NTK — N
0,11	مغ / ل 0,02	NO ₂ — N
32,2	مغ / ل 0,15	NO ₃ — N
428	610,37	كوليفورم كلي
25	610,74	كوليفورم برازي

جدول 10: فعالية المرشح البكتيري الهوائي الملحق بحفرة التصفية

الطبقة الرملية وأسفلها ، علماً أن سرعة تدفق المياه 7,2 لتر للمتر المربع من سطح المرشح يومياً .

ب) - مرشح بكتري لاهوائي :

تتم عملية التنقية داخل المرشح البكتري اللاهوائي (شكل 4) بواسطة التفاعلات المرجعة (التخميرات اللاهوائية) والتي ينتج عنها غاز الميثان وغاز



شكل 4

المرشح البكتري اللاهوائي الملحق بحفرة التعفن

الكربون وكبريت الهيدروجين كمركونات نهائية . وللمرشح البكتري اللاهوائي مميزات عديدة نذكر منها :

- يدخل الماء الى المرشح من الأسفل للأعلى ولذلك لا يحتاج إلى نظام لتوزيع السائل كما ورد في المرشح البكتري الهوائي .
- تنتج العمليات الحيوية اللاهوائية كمية من الرواسب أقل بكثير مما تنتجه العمليات الهوائية ، مما يجعل الفترة الفاصلة بين عمليتي غسيل متاليتين تصل إلى 18 شهراً عوضاً عن 6 شهور في حالة المرشح الهوائي .
- يخرج الغاز المتشكل مع الماء ولا حاجة لوضع أجهزة خاصة لسحب الغازات .

يتكون المرشح من طبقة من الحصى سمكها 0,7 إلى 0,9 متر ومغطات بطبقة من الحصى الأصفر حجماً بحيث يكون سمكها 7 إلى 10 سم، وتكون السعة الكلية للمرشح 150 لتر للإنسان الواحد المقيم في المنزل على أن لا يقل الحجم الكلي للمرشح عن 600 لتر.

2-2 - أحواض فصل الزيوت والشحوم :

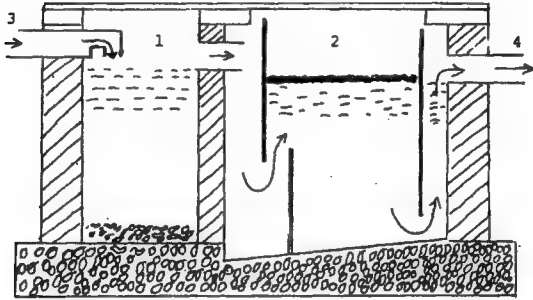
اختلفت الآراء حول فائدة وضع حوض فصل الزيوت والشحوم لمياه الصرف المنزلية قبل دخولها إلى حفرة التعفن . ولكي يؤدي الحوض دوره بشكل جيد لا بد من أن يتناسب حجمه مع حجم حفرة التعفن مع الحفاظ على ثبات الطبقة العائمة (الزيوت والشحوم) . ونظراً لكون فترة الترقيد محدودة ضمن هذا الحوض فإن العمليات الحيوية مهمة في ذلك الحوض ويتلخص دوره بإزالة الطبقة الشحمية ولذلك قد لا يتناسب ذلك مع التكاليف اللازمة لإنشائه ولصيانته ولكن ذلك يصبح ضرورياً عندما يتضمن السكن على مصلحة معينة منتجة لكمية كبيرة من الزيوت أو الشحوم .

يوضح الشكل 5 مخططاً لحوض فصل الزيوت ذو حجم قدره 270 ليتراً وسطح قدره 0,375 متر مربع (25. × 1,5 متر) بحيث يعطى زمن تماس داخل الحوض قدره 180 ثانية .

2-3 - التصفية تحت سطح الأرض L Epandage Souterrain :

تشكل طريقة حفرة التعفن مرحلة أولية وأساسية في عملية التصفية ولكنها غير كافية لاعطاء مياه معالجة بشكل جيد، وبناء على ذلك يجب متابعة المعالجة باستعمال التصفية تحت سطح الأرض وباستخدام قنوات خاصة بذلك ومصنوعة

ضمن شروط وقياسات محددة لتجنب حدوث تلوث سطحي أو انهيار في التربة أو تلوث لمياه الشرب الباطنية. لذلك يسبق المشروع دراسة جيولوجية لطبيعة الأرض.



1 - حوض الترقيق، 2 - حوض إزالة المواد الدسمة الطافية، 3 - دخول الماء الخام
4 - الماء المعالج

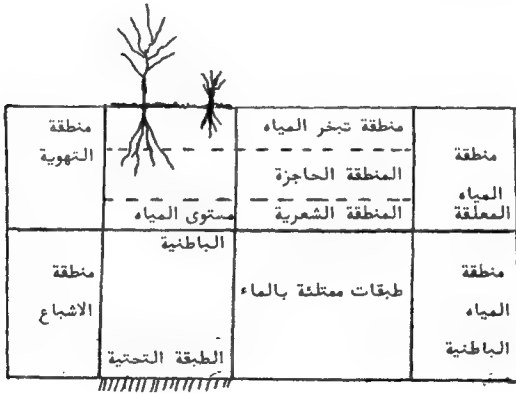
شكل 5

مخطط لمصفاى المياه الحاروي على حوض الترقيق وحوض إزالة المواد الدسمة الطافية
والمبني من الاسمنت

يوضح الشكل 6 توزيع الماء في الطبقة السطحية من الأرض، ونلاحظ وجود منطقتين أساسيتين يفصل بينهما مستوى الماء الباطني (*Piézométrique Niveau*). تكون المنطقة الأولى قريبة من سطح الأرض مما يجعلها وسطاً مناسباً للتفاعلات

الهوائية وتنقسم إلى ثلاثة أقسام :

- 1- القسم الأسفل ويسمى المنطقة الشعرية وتحوي المياه المتقلة بواسطة الخاصة الشعرية ويتراوح سمكها بين عشرات السنتيمترات في التربة النفوذة إلى 4 أمتار في التربة القليلة النفاذية .
- 2- القسم المتوسط ويسمى الطبقة الحاجزة ويتراوح سمكها بين عدد من السنتيمترات و 2 متر رغم وجود حالات استثنائية يصل بها سمك تلك الطبقة إلى 20 متر أو تنعدم تماماً .



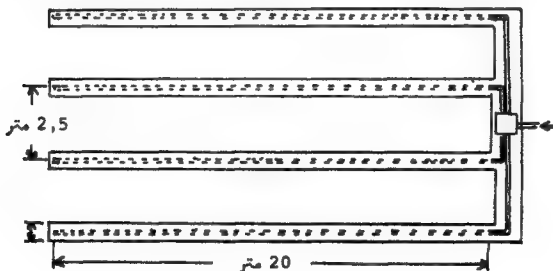
شكل 6

توزيع الماء في الطبقة السطحية من الأرض

3- القسم العلوي أو الطبقة السطحية وهي على اتصال مع الجو الخارجي وبذلك تفقد مائها إما نتيجة التبخر أو نتيجة امتصاص النباتات لمياهها ويتراوح سمكها بين 2 إلى 3 متر.

أما المنطقة الثانية فإنها تقع بين مستوى الماء الباطني الذي يحدها من الأعلى والطبقة التحتية (Toit du Substratum) التي تحدها من الأسفل وتسمى بالمنطقة المشبعة (Zone de Saturation) وتشكل وسطاً لا هوائياً وهي ممتلئة بالمياه الباطنية.

تخفر القنوات تحت سطح الأرض ويكون عمقها 0,5 إلى 0,7 متر وعرضها 0,3 إلى 0,6 متر في الأراضي الرملية و 0,6 إلى 0,8 متر في الأراضي الترابية الناعمة ويمتد طولها إلى 20 متر. وتكون المسافة الفاصلة بين قناتين متوازيتين 2 إلى 2,5 متر (شكل 7). تمر عبر تلك القنوات المياه القادمة من غرفة التوزيع بعد مرحلة التصفية في حفرة التعفن أو بعد خروجها من المرشح البكتري في حالة وجوده. وتكون المياه محمولة ضمن أنابيب مصنوعة من الاسمنت أو الفخار أو البلاستيك



شكل 7 امتداد الأنابيب الناقلة لمياه الصرف بطريقة التصفية تحت سطح الأرض

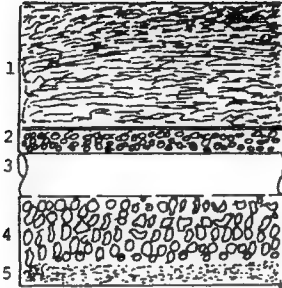
أقطارها تتراوح بين 80 إلى 100 مم ومثقوبة من الأسفل لخروج الماء منها (المسافة بين ثقبين متتاليين 20 إلى 30 سم). يعطي الشكل 8 مخططات كاملة لنظام توزيع مياه الصرف في حالة التصفية تحت سطح الأرض. نلاحظ أن الأنابيب تستقر ضمن طبقة من البحص سمكها 30 سم والتي تقع بدورها فوق طبقة من الرمل الناعم (سمكها 5 سم). يوضع فوق طبقة الحصى التراب إلى مستوى أعلى من سطح الأرض بقليل بحيث يكون سمكها 20 إلى 40 سم، وتكون تلك الشبكة مستوية تقريباً لكي يتم التوزيع بشكل جيد. تعطي العلاقة التالية سطح الأرض اللازم لتصريف المياه بهذه الطريقة :

$$A = \frac{KD}{C}$$

حيث : A - السطح اللازم مقدراً بالمتر المربع .
D - تدفق مياه الصرف مقدرة بالتر يومياً .
K - معامل يتعلق بنوعية مياه الصرف ويمكن الحصول عليه من العلاقة التالية :

$$K = \frac{DBO_5(mg/l) + MES(mg/l)}{120}$$

وتكون قيمة K عادة أكبر أو مساوية للواحد .
C - الضغط الهيدرولي ويتعلق بسرعة الترسب داخل التربة .
تتطلب عملية التصفية تحت سطح الأرض مساحات كبيرة نوعاً ما وشروط محددة للتربة (نفوذية متجانسة ومستوى المياه الباطنية أعمق من 1 متر) وفي حالة عدم توفر تلك الشروط يندو تطبيق تلك الطريقة غير ممكن ، ولذلك تجري عليها بعض التعديلات أو تعوض بطريقة أخرى .



شكل 8
مقطع عمودي للطبقات
التي يمر بداخلها الانبوب
الحامل لمياه الصرف

1 - تربة زراعية

2 - رمال

3 - الانبوب

4 - بحص

5 - رمل ناعم

4-2 - طريقة حوض الامتصاص :

تعتمد طريقة حوض الامتصاص على تجميع مياه الصرف القادمة من حفرة التعفن وتصفيته ثم طرحها من جديد . وتعتمد عملية التصفية على امتصاص العناصر الموجودة في مياه المياه بواسطة النباتات . يكون الحوض أفقياً ويتراوح عمقه بين 0,6 إلى 0,8 متر ويعلو عن سطح الأرض بمقدار 10 سم لتفادي تدفق مياه الأمطار إليه (شكل 9) ويتكون من عدة طبقات متتالية مرتبة من الأسفل إلى الأعلى كما يلي :

- طبقة من الحجارة الغير كلسية سمكها 0,2 متر .

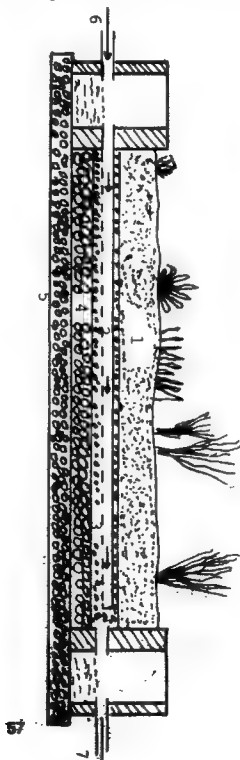
- طبقة من الحصى الناعم سمكها 0,1 متر ومغطاة بطبقة نفوذة تسمح للمياه

بالصعود إلى الأعلى .

- طبقة من التربة الزراعية سمكها 30 إلى 50 سم .

يزرع في الحوض النباتات القادرة على امتصاص النجاسات المعدنية المنحلة

في مياه الصرف والناقحة أيضاً عن التحلل الحيوي (آزوت، فوسفور). يتعلق سطح الحوض بعدد السكان ويصمم على أساس 2 متر مربع للسكان الواحد على ان يكون الحد الأدنى للسطح 8 متر مربع. يسيل الماء الزائد الى الأسفل ويمر عبر



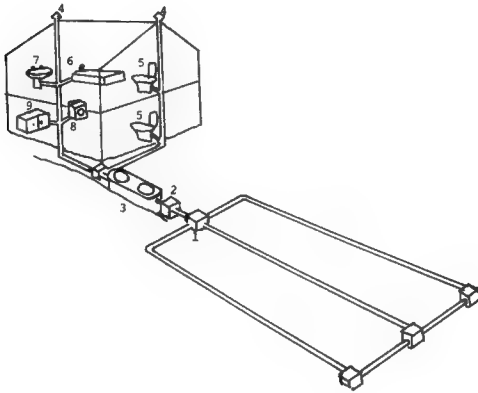
- 1 - تراب صالح للزراعة، 2 - أنبوب نقل المياه المغروب من جهة السفلى
- 3 - طبقة من البحص الصغير، 4 - طبقة من البحص الكبير، 5 - اسمنت
- 6 - المياه الخام، 7 - المياه المعالجة

شكل 9

معالجة المياه بطريقة حوض الامتصاص

طبقة الحصى ويخرج إلى خزان مصمم ليحافظ على مستوى معين للمياه داخل الحوض (راجع شكل 9) وتخرج المياه من الطرف الآخر لتصب في المياه السطحية أو لتستعمل في ري المزروعات .

نورد في الجدول 11 نتائج ميدانية لطريقة حفرة التعفن وملحقاتها مع توضيح المخطط العام لتلك الطريقة في الشكل 10 .



- 1 - حجرة التوزيع، 2 - مرشح أولي، 3 - حفرة التعفن، 4 - ساحبات الغازات
5 - مرحاض، 6 - حمام، 7 - مغسلة، 8 - غسالة الألبسة، 9 - المطبخ

شكل 10

مخطط عام لشبكة معالجة مياه الصرف المنزلية باستخدام حفرة التعفن الملحقة
بمرشح ومعالجة تحت سطح الأرض

المقياس	البياء الملام	مخرج حفرة الصن	مخرج الولوج الكهربي	مخرج المائدة تحت سطح الأرض على عمق 90 سم
DBO ₅	مت / لتر - 330 - 400	190	50	0
DCO	مت / لتر - 650 - 850	450	240	-
MES	مت / لتر - 260 - 340	70	60	0
N - NH ₄	مت / لتر - 60 - 100	50	45	اثار
P	مت / لتر - 10 - 40	15	13	اثار
المجموعة البكتيرية	1010 - 810	710 × 4	-	0

مقدرة لي 100 مل ماء

جدول 11 : نتائج متوسطات تحليل المياه المأخوذة بطريقة حفرة الصن وملحقاتها

الفصل الخامس

المعالجة الحيوية لمياه الصرف

تعتمد طريقة التصفية الحيوية لمياه الصرف على نشاط الاجسام الحية الدقيقة وتفكيكها للمركبات العضوية المنحلة معطية طاقة وخلايا حية جديدة مما يؤدي إلى إزالة تلك المواد العضوية القابلة للتحليل من الوسط.

تحدث عملية التحلل الحيوي على مرحلتين، تتضمن المرحلة الأولى امتزاز سريع للمواد العضوية على الحماة (الوحل الحيوي) تليها مرحلة ثانية بطيئة وهي أكسدة تلك المركبات وتحويلها إلى غاز ثاني أكسيد الكربون والماء في وسط هوائي. تتعلق سرعة التحلل الحيوي بعوامل كثيرة أهمها:

- عدد الجسيمات الحية الدقيقة.

- كمية الأكسجين المتاح.

- درجة الحرارة.

- نوعية العناصر الملوثة المنحلة وخاصة في حالة مياه الصرف الصناعية التي

تحتوي على عناصر مشبعة للفعل البكتري أو حتى موقفة له.

يمكن قياس فعالية التحولات الحيوية الجلوية بقياس الأكسجين المستهلك أو ثاني أكسيد الكربون الناتج. وتحتوي مياه الصرف مولد عضوية سريعة التحلل الحيوي وأخرى بطيئة السرعة ويوجد بعض المركبات الغير قابلة للتحلل العضوي ومثال على هذه الأخيرة مركبات الديال الموجودة في المياة الطبيعية. يعطي الجدول 12 قابلية بعض المركبات العضوية للتحلل الحيوي.

المركبات العضوية

قابلية التحلل الحيوي

غير قابلة للتحلل وسامة أحياناً	المركبات الهيدروكربونية المشبعة
تتحلل حيوياً بصعوبة	مركبات أوليفينية (5-7 كربون)
غير قابلة للتحلل	مركبات هيدروكربونية كلورية
تتحلل بشكل جيد ما عدا بعضها	الكحولات
تتحلل بشكل جيد ما عدا كلور	الفينولات
الفينول الذي يتحلل ببطء	
تتحلل بشكل جيد ما عدا بعضها	الألدهيدات
تتحلل بشكل جيد	الحموض العضوية وأملاحها
غير قابلة للتحلل أو بطيئة جداً	الايثيرات
تتحلل بسرعة متوسطة	السيونانات
تتحلل بشكل جيد	الحموض الأمينية
تتحلل بفعل بكتريا خاصة ومن	مركبات السيانور
أجل تراكيز أقل من 50 مغ / لتر	

المواد المنظفة :

تتحلل بسهولة	- الكيل سولفات
تتحلل بسرعة في حالة وجود البكتريا	- الكيل سولفونات
المناسبة	
تتحلل بسرعة	- كيجول وجوزن دسمة

جدول 12 : قابلية بعض المركبات العضوية للتحلل الحيوي

تحدث عملية تأقلم للبكتريا مع الكثير من المركبات العضوية التي تبدو في البداية غير قابلة للتحلل ولكن بعد مرور زمن معين من التماس يلاحظ بداية تحلل تلك المواد، وتزداد سرعة التحلل مع الزمن نتيجة التكاثر المستمر للبكتريا الملائمة لذلك النوع من التحول. يعطي الجدول 13 الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين (DBO_5) لبعض المركبات العضوية بدلالة زمن تلامسها مع البكتريا .

المركب	فترة التماس مقدرة في اليوم وفي الدرجة 20 م				
	5	10	15	20	50
أحادي ايتانول أمين	0	58,4	61,2	64	75,6
ثاني اتيل أمين	0,9	1,4	3,5	6,8	
ثلاثي اتيل أمين	0	0,8	2,6	6,2	
ميثانول	53,4	62,7	69,4	67	97,7
أستون	55,4	71,8	78,2	78,2	
ميثيل ايروبوتيل سيتون	4,4	49,3	55,9	56,6	64,8
أستات ايروبروبيل	12,7	40	40	40	
بوتانول - 2	0	44,2	69,2	72,3	77,9

جدول 13 : الطلب الكيميائي الحيوي للأوكسجين مقدراً بالنسبة نظوية من القيمة النظرية بدلالة عدد أيام التماس مع البكتريا .

يلاحظ من الجدول أعلاه أن مواد مثل أحادي ايتانول أمين لم تعاني أي انخفاض في قيمة DBO_5 في الأيام الخمسة الأولى بينما تحولت بنسبة تفوق 50 % في الأيام الخمسة التالية وينطبق ذلك على بوتانول - 2 مما يدل على ظهور البكتريا المناسبة للتحول بعد فترة زمنية وتكاثرها السريع بعد ذلك . بينما تكاثر البكتريا

الملائمة لتحلل ثلاثي اتيل الأمين ظل بطيء بحيث لم يتحلل إلا نسبة تقارب الـ 6 % خلال 20 يوماً.

يؤثر التركيز العالي للأملح في مياه الصرف على العمليات الحيوية، حيث تتوقف عملية النترجة في المياه العالية الملوحة، ونذكر أن العمليات الحيوية تظل فعالة إلا في المياه التي لا تتجاوز درجة ملوحتها 2٪. وتؤثر تحولات قيمة PH الوسط على التفاعلات الحيوية أيضاً حيث تفضل الأوساط القلوية وإن كان بعضها قادراً على التلائم مع الأوساط الضعيفة الحموضة.

1 - السرير البكتري أو المرشح البكتري :

يعتمد مبدأ السرير البكتري (المرشح البكتري) على مرور المياه المواد معالجتها (والتي خضعت لعملية ترقيد) على مواد متمتعة بسطح نوعي مرتفع تثبت عليها الأجسام الحية الدقيقة القادرة على القيام بعملية التنقية الحيوية للماء، وتستغرق فترة تشكل تلك الشريحة الحيوية من 2 إلى 4 أسابيع لمباشرة عملها بشكل ملحوظ. يستعمل لهذه الغاية مواد مختلفة مثل الفحم ورماد الفحم الحجري وجفاء مطحون ويزولان (Pouzzolane) ولقد انتشر استعمال المواد البلاستيكية بشكل واسع في السنوات الأخيرة. أما الشريحة الحيوية فإنها مؤلفة من تجمع للبكتريا والفطور وغيرها وبشكل عام فإنها تحوي بكتريا عضوية التغذية (Hétérotrophes) متمركزة على السطح الخارجي، وبكتريا ذاتية التغذية (Autotrophe) متمركزة في أعماق الشريحة الحيوية.

يوجد أنواع مختلفة من الأسرة البكتيرية منها ما هو مخصص للمياه الضعيفة الحمولة بالمركبات العضوية ومنها ما هو مخصص للمياه ذات الحمولة العالية. تتعدد شروط عمل السرير البكتري من إعادة مرور المياه المصفاة مرة أخرى على

السريـر إلى اقـامة سريـر ذو طبقات عديـدة .

1-1 - أسس نظرية :

تتعلق فعالية السريـر البكتري (المرشح البكتري) في إزالة التلوث العضوي
(تعبـر قيمة DBO عن مقدار التلوث العضوي) بعوامل عديدة نذكر منها :

- نوعية الماء المعالج .
 - الحمولة الهيدرولية .
 - درجة الحرارة .
 - نوعية المواد المستعملة كحامل للبكتريا .
- ويمكن التعبير عن فعالية المرشح البكتري بالعلاقة التالية :

$$\frac{L_f}{L_o} = e^{-K_1 t} \quad 1$$

حيث : L_f قيمة DBO للماء المصفى .
ما قيمة DBO للماء الخـام المغذي للمرشح البكتري .
 t زمن التماس المتوسط بين الماء والمرشح .
 K_1 يتعلق بدرجة حرارة الماء ونوعية المواد المستعملة كحامل للبكتريا وكذلك
نوعية المياه المراد معالجتها .

ولقد أعطت الدراسات المختلفة علاقة رياضية لحساب زمن التلامس
وهي :

$$t = K_2 \frac{H}{Q_m} \quad 2-$$

حيث: H-ارتفاع طبقة المرشح البكتري مقدرة بالمتر
Q الحمولة الهيدروليكية مقدرة بالمتر المكعب من أجل المتر المربع في
الساعة (م³ / م² . سا).
K₂ و n ثوابت
ومنه فإن :

$$\frac{L_1}{L_0} = e^{-K_1 K_2 H Q^n} \quad 3$$

وطبقاً لنتائج ECKenfelder و Barnhart فإن :

$$K_1 K_2 = K_1 S_s^m \quad 4$$

حيث تمثل K₁ معامل متعلق بدرجة الحرارة ونوعية الحامل S_s السطح النوعي
للحامل (م² / م³) و m معامل موجب وأقل من الواحد وتحدد قيمته تجريبياً.
ولذلك يمكن كتابة العلاقة النهائية على الشكل التالي :

$$\frac{L_1}{L_0} = e^{-K_T \cdot S_s^m \cdot H \cdot Q^n} \quad 5$$

2-1 - نوعية المواد المستعملة في المرشح البكتري :

يمكن تقسيم المواد المستعملة في المرشح البكتري إلى نوعين أساسيين :

1 - المواد الحبيبية :

استعملت المواد الحبيبية منذ فترة طويلة في عملية التصفية على مرشح
بكتري . وكانت تلك المواد طبيعية المنشأ مثل الفحم الخشبي وبقايا الفحم
الحجري وغيرها . وتتكون وحدات المرشحات الحيوية مملوءة بالمواد الحبيبية من

أحواض مبنية من مواد غير نفاذة (اسمنت) وتكون على شكل اسطواني أو متوازي المستطيلات ويكون ارتفاعها 2 متر تقريباً. يبلغ مردود المرشح البكتري 66٪ تقريباً عندما تكون المياه ملوثة بشكل كبير (DBO مرتفعة) لذلك يمكن إعادة المياه المصفاة للمرشح مرة ثانية لرفع المردود. وأعطى Rankin العلاقة التالية لترشيح مياه الصرف في حالة كون الحمولة الهيدرولية أقل من 1.3 م³/م² . سا:

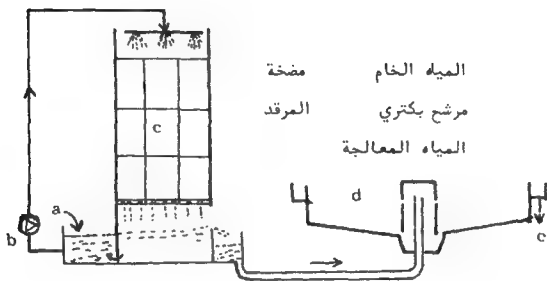
$$L_1 = \frac{L_0}{2r + 3}$$

حيث تمثل r معدل الجريان المضاعف. يجب أن تكون المواد المستعملة كحامل للشرائح البكتيرية نظيفة وثابتة وتنحصر أبعاد حبيباتها بين 40 إلى 80 مم.

2- المواد البلاستيكية :

ظهر استخدام المواد البلاستيكية في السرير البكتري لأول مرة في عام 1960 ومنذ ذلك التاريخ تطورت تلك الطريقة بشكل واسع وسريع نتيجة تميزها بفعالية عالية ولعدم تأثيرها بالطمي المترسب أثناء عملية التصفية الحيوية على المرشح البكتري. ونظراً لكون المردود مرتبطاً بارتفاع المرشح البكتري (علاقة 3) فإنه يمكن زيادة ارتفاع المرشح البكتري الملبى بالبلاستيك إلى 7 متر. مما يجعل هذا النوع من المرشحات قادراً على تصفية المياه الشديدة التلوث وذات الحمولة الهيدرولية العالية (1.5-3 م³/م² . سا) ويعاد جريان قسم من الماء المصفى على المرشح مرة ثانية للمحافظة على درجة التمديد العملية ولتفادي حصول توقف في جريان المياه على المرشح أثناء توقف جريان مياه الصرف. وتستعمل عادة الأسرّة البكتيرية المملوءة بالبلاستيك دون الحاجة لمركب أولي قبل المرشح ولذلك يوضع المركب بعد المرشح فقط (شكل 11). تتمتع المواد البلاستيكية المستعملة

بسطح نوعي مرتفع (90 إلى 300 م / 3 م 2) وتحتل الفراغات 95٪ من الحجم الكلي للطبقة .

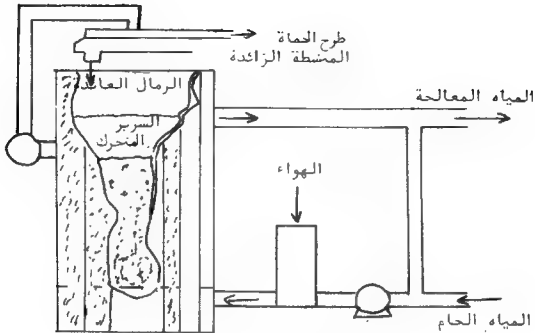


شكل 11
مرشح بكتري متبوع بمرقد

3-1 - الأنواع المختلفة للأسرة البكتيرية :

1-3-1 - الأسرة البكتيرية المتحركة :

تثبت البكتريا على حبيبات خفيفة الوزن مما يسمح لتيار الماء بجعلها معلقة داخل حوض التصفية وتستخدم لهذه الغاية رمال أو فحم منشط أبعاد حبيباته أقل من 1 مم ويكون ارتفاع الحوض 6 إلى 8 متر .
يوضح الشكل 12 مخططاً لطريقة الأسرة البكتيرية المتحركة .



شكل 12
الأسرة البكتيرية المتحركة

وأهم مواصفات الأسرة البكتيرية المتحركة وجود سرعة عالية لدخول الماء تسمح بوضع الحبيبات الحاملة للسرير البكتيري بشكل معلق حيث تكون بين 18-40 م / سا وإذا كانت الحبيبات من الفحم فإن قطرها ينحصر بين 0,4 و 1,7 مم وسرعة دخول الماء 18 م / ساعة. أما إذا كان الحامل من الرمل فإن قطر الحبيبات ينحصر بين 0,4 إلى 1,5 مم وسرعة دخول الماء 40 م / سا.

1-3-1 - الأسرة البكتيرية الثابتة:

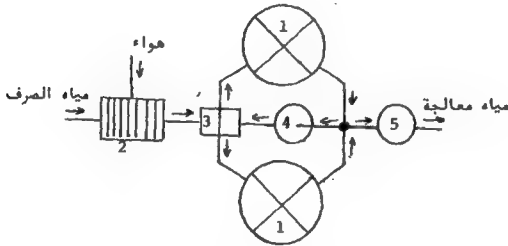
توجد تقنيات متعددة لاستخدام الأسرة البكتيرية الثابتة ونذكر منها:

(أ) - المرشحات البكتيرية المتوالية المختلفة الأبعاد:

يتطلب هذا النوع من المنشآت وجود مرقد صغير بين المرشح الأول والآخر، ويكون المرشح الأول أصغر من الأخير بنسبة 1 إلى 6، مما يسمح بالحصول على مردود مرتفع. يتمتع هذا النوع من المرشحات البكتيرية بقدرة على معالجة مياه ذات درجة عالية من التلوث العضوي.

(ب) - المرشحات البكتيرية المتوالية والمتساوية الأبعاد:

تحتوي المنشأة على مرشحين متساويين في أبعادهما ولكن هناك نظام يعكس اتجاه مياه الصرف بحيث تمر خلال فترة من الزمن على المرشح الأول بالبداية، وفي



1 - السرير البكتيري، 2 - خزان لمزج مياه الصرف مع الهواء

3 - مضخات، 4 - مرقد مرحلي، 5 - مرقد نهائي

شكل 13

منشأة مؤلفة من مرشحين متساويين

فترة زمنية أخرى يدخل الماء على المرشح الثاني قبل مرورها على المرشح الأول ويحدث ذلك مرة كل اسبوعين تقريباً. يُنْشِط عكس اتجاه مياه الصرف المرشح كلما انخفضت فعاليته ولذلك يتمتع هذا النوع بمردود مرتفع جداً. يعطي الشكل 13 مخططاً لمنشأة مؤلفة من مرشحين متناوبين.

(ج) - المرشحات البكتيرية المغمورة:

- الأقراص الدائرية:

تشكل المرشحات البكتيرية من أقراص تحمل على سطحها الشريحة الحيوية ويتراوح قطرها بين 2 إلى 3 متر ويبعد القرص عن الآخر بمقدار 2 سم ومحمولة على محور أفقي يسمح لها بالدوران. عندما يكون نصف القرص السفلي مغموراً في مياه الصرف يكون القسم العلوي معرضاً للهواء ليحصل على الأكسجين اللازم لعمليات التحلل الحيوية. وتملك المرشحات المغمورة ميزات كثيرة أهمها:

- يتطلب قليلاً من الصيانة.

- يعمل دون وجود للضغط الخلفي (Perte de Charge)

- مردود مرتفع

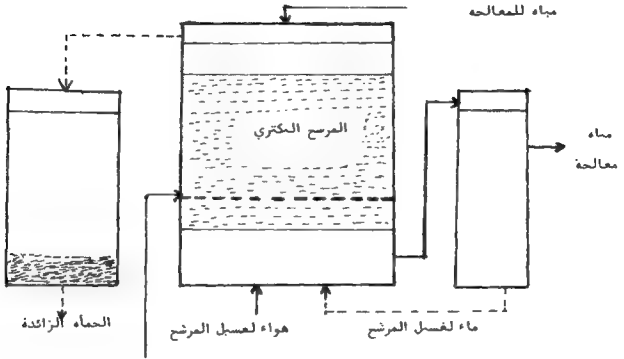
- يتطلب 2 إلى 7 كيلوواط من الطاقة لمخلفات الانسان الواحد سنوياً.

- الطبقة الثابتة :

يتألف المرشح من طبقة من المواد الحاملة للسريير البكتري (حبيبية او بلاستيكية) موضوعة في حوض كبير يدخله الماء من الأعلى أو من الأسفل تبعاً للتقنية المستعملة كما يتم ادخال الهواء من الاسفل دائماً. يوضح الشكل 14 مخططاً لمرشح بكتري يدخله الماء من الأعلى كما يوضح الشكل 15 الاحتمالات التقنية

الممكنة لدخول الهواء والماء الى المرشح :

- 1- يدخل الماء والهواء من الأسفل ويخرج الماء المصفى من الأعلى .
- 2- يدخل الماء من الأعلى بينما يدخل الهواء من الأسفل .



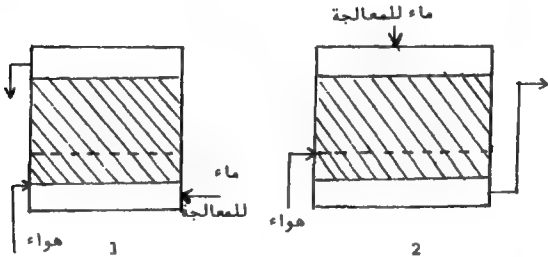
شكل 14

مخطط لمرشح بكتري يكون فيه السرير البكتري مغمور ضمن الماء الذي يدخله من الأعلى

4-1 - الميزات الأساسية للمرشحات البكتيرية :

تتمتع طريقة المرشح البكتري بميزات عديدة تجعلها في حالات كثيرة الطريقة الأفضل للتصفية ومن أهم تلك الميزات :

- تبدأ فعاليتها بسرعة (عدد من الساعات).
- لا تحدث عملية إذابة للطبقة البكتيرية في الماء لأنها مثبتة على حامل.
- تتمتع المادة الفعالة بتركيز أعلى مما هي عليه في الطرق الأخرى (10 إلى 20 مرة أعلى من طريقة الحمأة المنشطة).
- مردود مرتفع (يصل المردود لمياه المجاريير العامة إلى 90% من DCO و 95% من MES)
- لا يوجد حاجة لإنشاء حوض للاراقة بعد عملية الترشيح البكتري



شكل 15

الاحتمالات التقنية لدخول الماء والهواء الى المرشح

يعطي الجدول التالي نتائج عملية للمرشح البكتري الثابت تم الحصول عليها من محطتين :

(1) محطة تصفية مياه الصرف لمصنع الجعة (Brasserie) :

المقياس	المياه الداخلة	المياه الخارجة	المردود
DCO	2300 مغ / لتر	65 مغ / لتر	97%
DBO ₅	1500 مغ / لتر	25 مغ / لتر	98,5%

2 - مياه الصرف لمصنع المعطورات :

المقياس	المياه الداخلة	المياه الخارجة	المردود
DCO	4000 مغ / ليتر	300 مغ / ليتر	92.5 %
DBO ₅	2200 مغ / ليتر	25 مغ / ليتر	98.9 %

2 - طريقة أحواض التهوية أو الحمأة المنشطة :

تعتبر عملية التصفية باستعمال أحواض التهوية (أو الحمأة المنشطة) مشابهة لعملية التنقية الذاتية (Autoépuration) التي تحدث في المياه الطبيعية السطحية .
لكن الشروط المطبقة في حوض التهوية تزيد من سرعة تلك التحولات بشكل كبير بواسطة التراكيز العالية للبكتريا وتأمين الأكسجين اللازم للأكسدة الحيوية .
تعتمد إذاً طريقة التصفية باستعمال الحمأة المنشطة على تكاثر البكتريا المنتشرة في كتل الحمأة والمعلقة ضمن حوض يدخله ماء الصرف والهواء بشكل مستمر مع تحريك دائم لأحداث حالة تجانس بين الحمأة المنشطة ومياه الصرف من جهة ولتجنب الترسب من جهة أخرى .

تكون الحمأة على شكل كتل جلاتينية محمولة ضمن الماء وتشابه تلك لكتل الشرائح الحيوية المثبتة على المرشحات البكتيرية . تحدث عملية امتزاز للعناصر المنحلة والعناصر الغروية الموجودة في مياه الصرف على سطح كتل الحمأة المنشطة ، مما يسمح للبكتريا باستهلاكها كغذاء وبالتالي تكاثرها ، وتحول البكتريا تلك المواد الكيميائية المعقدة إلى مواد كيميائية بسيطة تطرحها في الماء (غازات ، مواد عضوية منحلة ، مواد معدنية منحلة) .

يجب الحفاظ على تلك الكتل المتشكلة (الحمأة) معلقة ضمن السائل إما بفعل ميكانيكي أو بضغط الهواء من الأسفل أو باستخدام الفعّالين معاً . ينحل أكسجين الهواء في الماء للحفاظ على تركيز مرتفع منه لأن انخفاض كمية

الأكسجين المنحل إلى أقل من 1 مغ / لتر يؤدي إلى توقف عملية التحولات الحيوية الهوائية وظهور التحولات الحيوية اللاهوائية . يحدد زمن التماس بين الحمأة النشطة ومياه الصرف تبعاً لحمولة تلك المياه بالملوثات ، ويقاد الماء الخارج من حوض التهوية (حوض الحمأة) إلى مُرَوِّق للماء (Clarificateur)، ويسمى أيضاً بالمرقد الثانوي، وذلك لفصل الماء المصفى عن الحمأة التي تعاد مرة ثانية إلى حوض التهوية للمحافظة على تركيز عال من البكتريا في حوض التهوية، غير أن الكمية الزائدة من الحمأة تقاد إلى جهاز خاص لمعالجة الحمأة وتصنيع الأسمدة منها

2-1 - مردود حوض التهوية :

لنفرض أن كتلة قدرها S_a من الأجسام الحية الدقيقة قد حلت كمية من المواد العضوية قدرها L_e في وسط هوائي . ونظراً لاستحالة قياس الكمية S_a تجريبياً، يعوض عنها بكتلة المواد القابلة للتبخر S_v من الحمأة أو بكتلة الحمأة الكلية (معدنية وعضوية) S_t . تحسب الكمية النظرية اللازمة من الأكسجين لاجداث عملية التكاثر للبكتريا والأكسدة للمركبات العضوية من العلاقة التالية :

$$O_2 = a' L_e + b' S_v \quad 7$$

وتحدد قيمة الثوابت a' و b' مخبرياً باستعمال جهاز Warburg، وتمثل الانخفاض في قيمة DO نتيجة عملية التصفية في الحوض الهوائي مقدرة بالكيلو غرام يومياً وتكون كمية الحمأة الناتجة عن تلك التحولات هي :

$$\Delta S_v = a_m L_e - b S_v \quad 8$$

حيث S_v - كتلة المواد العضوية مقدرة بالكيلو غرام في الحمأة الكلية الموجودة في الحوض الهوائي .

ΔSv - كمية الحمأة الناتجة عن التحولات الحادثة وتقدر بالكيلو غرام يومياً.

ويتقسيم طرفي العلاقة 8 على Sv نحصل على ما يلي :

$$\frac{\Delta Sv}{Sv} = a_m \frac{Le}{Sv} - b \quad 9$$

ونستخدم هذه العلاقة لحساب قيمة كل من a_m و b .

تعطي العلاقات السابقة كمية الحمأة المتشكلة نتيجة التكاثر واستهلاك المواد العضوية المتحللة، ولذلك يجب إضافة كمية المواد المعلقة (معدنية أو عضوية) الغير فعالة والموجودة أصلاً في المياه المغذية لحوض التهوية، للحصول على الزيادة الكلية في كمية المواد المعلقة.

تُعبّر الحمولة الكتلية C_m عن النسبة بين كتلة المواد العضوية القابلة للتحلل والتي تدخل حوض التهوية يومياً ما (DBO_5) وبين كمية الحمأة St الموجودة في حوض التهوية :

$$C_m = \frac{L_o}{St} \quad 10$$

ولكن كمية الحمأة St تحوي مركبات قابلة للتبخّر بالحرارة وتعطي كميتها بالرمز S_v ويسالتي يمكن اعطاء مفهوم آخر للحمولة الكتلية (C_m') بدلالة تلك المركبات . فإذا افترضنا أن الحمأة تحوي $X\%$ من تلك المواد القابلة للتبخّر بالحرارة فإن :

$$S_v = X \cdot St \quad 11$$

$$C_m = \frac{L_o}{S_v} = \frac{L_o}{x \cdot S_t} = \frac{C_m}{x} \quad 12$$

بينما تعبر الحمولة الحجمية C_v عن نسبة كتلة المواد القابلة للتحلل (DBO_5) والداخلية يومياً في حوض التهوية إلى حجم الحوض V .

$$C_v = L_o / V \quad 13$$

يعبر عن المردود Y بنسبة DBO_5 للمياه الخارجة إلى DBO_5 للمياه الداخلة للحوض:

$$Y = \frac{DBO_5 \text{ للمياه الخارجة من الحوض}}{DBO_5 \text{ للمياه الداخلة الى الحوض}} = \frac{L_e}{L_o} \quad 14$$

كما يمكن التعبير عن المردود بدلالة DCO أو COT أو غيرها من المقاييس الأخرى.

أما الأكسجين المستهلك أثناء عملية التحولات الحيوية فيتم قياسه بواسطة الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين (DBO_5)، حيث يشكل التغير الحادث في قيمة DBO_5 بين المياه الداخلة والمياه الخارجة من الحوض كمية الأكسجين المستهلكة وبالتالي فإن:

$$\frac{O_2 \text{ المستهلك}}{L_e} = a + \frac{b}{x \cdot C_m} \quad 15$$

وكذلك:

$$\frac{\Delta S_v}{L_e} = a_m - \frac{b}{x \cdot C_m} \quad 16$$

تعطي تلك العلاقات المردود بدلالة مقاييس تجريبية.

تصنف أحواض التهوية بدلالة حمولتها:

- أحواض ذات حمولة كتلوية عالية حيث تكون قيمة C_m أكبر من 0,5 كغ من DBO_5 يومياً ومن أجل 1 كغ من الحمأة. أو تكون قيمة C_v أكبر من 1,5 كغ من DBO_5 في اليوم ومن أجل 1 م³ من حوض التهوية.

- أحواض ذات حمولة كتلوية متوسطة.

$$0,2 < C_m < 0,5$$

$$0,6 < C_v < 1,5$$

- أحواض ذات حمولة كتلوية ضعيفة

$$0,07 < C_m < 0,2$$

$$0,35 < C_v < 0,6$$

- أحواض ذات حمولة ضعيفة جداً وتسمى أحواض التهوية المطولة

$$C_m < 0,07$$

$$C_v < 0,35$$

تحدث عملية النترجة (تحويل الآزوت العضوي وآزوت الأمونيا إلى نترات) في حالة كون الحمولة الكتلوية أقل من قيمة محصورة بين 0,1 و 0,4 وذلك تبعاً لقيمة PH الوسط. تعطي أحواض التهوية مردوداً عالياً في التخلص من التلوث العضوي مقاساً بدلالة التغيرات في قيمة الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين، غير أن ذلك المردود يرتبط بعوامل كثيرة من أهمها:

- نوعية مياه الصرف (منزلية أو صناعية)

- درجة الحرارة.

- الحمولة الكتلوية أو الحجمية للحوض

إذا افترضنا أن مياه الصرف لا تحوي إلا المخلفات البشرية وأن درجة تلوثها

متوسطة ($3050 < \text{DBO}_5 < 150$ مغ / لتر) فإن أحواض التهوية تعطي قيم مختلفة للمردود من أجل الأنواع المختلفة للأحواض :
- يعطي حوض التهوية المطولة مردوداً قدره 95٪ تقريباً
- يعطي حوض التهوية متوسط الحملولة مردوداً قدره 90٪ تقريباً
- يعطي حوض التهوية عالي الحملولة مردوداً أقل من 85٪

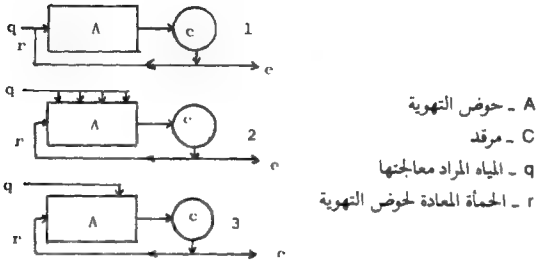
2-2 - أنواع أحواض التهوية :

أ - نظام الأحواض المنفصلة :

تجري عملية التهوية وعملية الترويق ضمن حوضين منفصلين مما يتطلب إعادة الحمأة بالضخ من المروق إلى حوض التهوية (شكل 16) . يعتمد النظام القديم على ضخ الماء والحمأة معاً في حوض التهوية (شكل 16 - 1) ويتمتع هذا النظام بميزات عديدة أهمها إعطاء مياه مصفاة بشكل جيد مع مردود لا بأس به بالنسبة لعملية النترجة ، غير أن له مساوئ أيضاً ومن أهم تلك المساوئ استهلاكه المرتفع للأكسجين عند مدخل الحوض ، مما دعى العاملين في هذا المجال لتحسين تلك الطريقة الى احداث أنظمة الطوابق المتعددة لحوض التهوية (Step - Aeration) ، حيث يدخل ماء الصرف من أعلى الحوض ويكون موزعاً إلى أجزاء مختلفة تمزج مع الهواء قبل دخولها الحوض ، بينما تدخل الحمأة العائدة من المُرْوَق إلى الحوض وقد اشبعت بالهواء قبل تماسها مع مياه الصرف المراد معالجتها (شكل 16 - 2) .

يوجد نوع ثالث يعتمد على السماح للحمأة بالنمو قبل تلامسها مع المياه المراد معالجتها ويتم ذلك بادخال الحمأة في بداية الحوض بينما تدخل مياه الصرف في القسم الأخير منه مما يجعل زمن التلامس قصيراً ويتم في هذه الحالة إزالة الملوثات العضوية بالامتصاص على كتل الحمأة أو بالامتزاز عليها (شكل 16 - 3)

تستعمل الطريقة الأخيرة لمعالجة المياه ذات الحمولة المتوسطة من المواد العضوية وتسمى الامتصاص الحيوي (Biosorption) .



شكل 16

تصفية مياه الصرف بواسطة حوض التهوية مع وجود مرقد وأنظمة مختلفة لادخال الماء الى الحوض

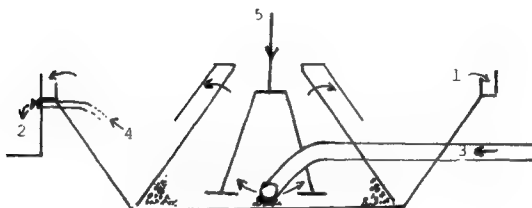
ب - نظام الأكسدة السريعة : Oxyrapid

يتمتع نظام الأكسدة السريعة بإجراء عملية التهوية والترقيق في حوض واحد مما يوفر في التكاليف مع اعطاء مردود جيد . تستعمل هذه الطريقة في محطات المعالجة لمياه صرف المدد الكبيرة (50000 إلى 250000 نسمة) .

يوجد نوعان لتلك الأحواض :

- حوض الأكسدة السريعة من نوع Oxyblash حيث تكون منطقة الترقيق

مؤلفة من حواجز مائلة لزيادة سرعة الترسيب (شكل 17)
 - حوض الأكسدة السريعة من نوع R (Raclé)؛ يستعمل هذا الحوض
 لمعالجة مياه الصرف ذات الحمولة الضعيفة (شكل 18)
 تتمتع الأحواض المذكورة أعلاه بأبعاد تتراوح بين 10 إلى 120 متر وعمق
 يتراوح بين 4 إلى 4,5 متر.



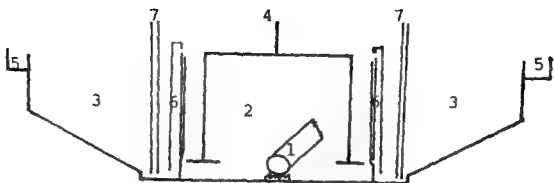
- 1 - المياه المعالجة، 2 - الحماية الزائدة، 3 - وصول المياه الخام
- 4 - نظام لسحب الحمأة من الحوض، 5 - الهواء المضغوط

شكل 17

حوض الأكسدة السريعة المتضمن منطقة للتنوية ومنطقة للترقيد داخل الحوض
 ويفصل بينهما حواجز مائلة

ج - نظام التسريع الهوائي:

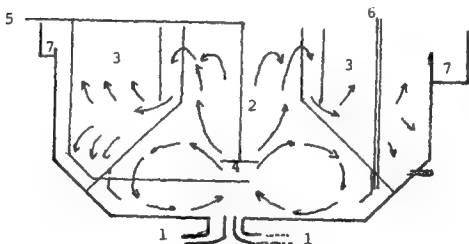
يتمتع هذا النظام بوجود منطقة مركزية للتنوية السريعة ومنطقة خارجية
 للترقيق، بينما يحدث انتقال الحمأة من منطقة لأخرى بتأثير الجاذبية وليس
 باستعمال مضخات ميكانيكية (شكل 19).



1 - وصول الماء الخام، 2 - منطقة التهوية، 3 - منطقة الترويق
4 - الهواء، 5 - المياه المعالجة، 6 - إعادة الحمأة لحوض التهوية

شكل 18

حوض الأكسدة السريعة من نوع R (Raclé)



1 مدخل المياه الخام، 2 - منطقة التهوية، 3 - منطقة الترويق
4 - مخرج الهواء داخل الحوض، 5 - دخول الهواء
6 - سحب الحمأة الزائدة، 7 - المياه المعالجة

شكل 19

نظام التسريع الهوائي

د - حوض التهوية المطولة :

وضعت هذه الطريقة لمعالجة مياه الصرف الناتجة عن التجمعات السكنية الصغيرة (2000 نسمة) وكذلك للمخلفات السائلة الناتجة عن بعض الصناعات (صناعة الحليب ومشتقاته). ولا تحتاج هذه الطريقة إلى مراقبة مكثفة وتعطي مردوداً جيداً وأكيداً بحيث يصل استهلاك الأكسجين إلى 280 متر مكعب من الأكسجين لكل 1 كيلوغرام من DBO_5 . غير أن هذه الطريقة تحتاج إلى أحواض كبيرة الحجم بشكل عام.

2:3 - المراحل المكتملة لحوض التهوية :

تعتبر عملية المعالجة الحيوية في حوض التهوية المرحلة الأساسية والهامة من تصفية مياه الصرف. غير أنه على الغالب تضاف مراحل مكتملة لها تسبقها أو تليها وذلك تبعاً لنوعية المياه المراد معالجتها وللغاية المستهدفة من تلك المعالجة.

أ - المرحلة التمهيدية :

تشمل المرحلة التمهيدية التخلص من المواد الصلبة المحمولة داخل مياه الصرف بواسطة شبك معدني يحجز خلفه الأحجار والأوراق والكتل الكبيرة المحمولة بالقوة الهيدروليكية للماء. كما يمكن التخلص من الجسيمات الأصغر كالرمال باستخدام حوض ترقيد أولي قادر أيضاً على التخلص من نسبة لا بأس بها من المواد العضوية والمعدنية إذا كانت سرعة المياه بطيئة داخل الحوض، كما يمكن التخلص من الزيوت والشحوم الطافية على السطح ببناء حوض خاص بذلك.

ب - الترويق النهائي :

تمثل عملية الترسيب النهائي والتي تتم في أحواض خاصة ومنفصلة جزاً من عملية المعالجة بالحماة المنشطة لا يمكن الاستغناء عنها، وذلك لأن لاحتواء الماء

الخارج من حوض التهوية على تراكيز عالية من المواد المعلقة. يعاد قسم من الرواسب المتكونة في حوض الترويق إلى حوض التهوية لاحتوائه على الكائنات الحية الدقيقة المؤكسدة. يعبر عن فعالية عملية الترقيد أو الترويق بقرينة الحمأة (Indice de Boues) والتي تعبر عن نسبة كمية المواد القابلة للترقيد (مل / لتر) خلال نصف ساعة إلى وزن المواد المعلقة الكلية (غ / لتر):

كمية المواد القابلة للترقيد خلال 30 دقيقة (مل / لتر)

قرينة الحمأة =

وزن المواد المعلقة الكلية (غرام / لتر)

تعتبر عملية الترقيد مرضية عندما تكون قيمة قرينة الحمأة محصورة بين 50 إلى 100.

جـ - تطهير مياه الصرف المعالجة بالطرق الحيوية:

يتضح من النتائج الواردة سابقاً أن المرشحات الحيوية أو أحواض التهوية تزيل حوالي 90 إلى 95٪ من البكتيريا المحمولة في مياه الصرف، غير أن عملية التطهير ضرورية للتخلص من البكتيريا الصارة، ويتم ذلك باستخدام مواد مؤكسدة قوية مثل الأوزون أو الكلور. تتم عملية الكلورة في أحواض خاصة حيث الملامسة بين المياه الخارجة من حوض التهوية أو المرشح البكتري وبين الكلور لمدة لا تقل عن 30 دقيقة، ومن المفضل أن تتراوح كمية الكلور المتبقية في الماء الخارج من حوض الكلورة بين 0.2 و 0.3 مع / لتر. إن تطبيق تلك الشروط يؤدي إلى قتل 99.9٪ من بكتيريا الكوليفورم الموجودة في مياه الصرف الحضرية.

2-4 - معالجة الحمأة المنشطة:

يترسب في قاع حوض الترقيد المواد المعلقة المحمولة في الوسط المائي أو التي

تسكلت نتيجة إضافة المواد الكيميائية المكتلة وتسمى المواد المترسبة في حوض الترقيد بالحماة (الأوحال) وتشكل عادة 0,5 إلى 2 ٪ من الماء المعالج حجماً . تعالج الحماة للتخلص من المواد الضارة الموجودة داخلها ولإنقاص حجمها بشكل كبير بعد إزالة الماء منها وتجفيفها .

2-4-1 - المواصفات الأساسية للحماة :

- تميز الحماة (الأوحال) بشكل عام بمواصفات معينة نذكر منها :
- تركيز المواد الجافة : يتراوح تركيز المواد الجافة في الحماة بين 0,5 و 10 ٪ وزناً من المياه الخارجة من حوض التهوية .
- تركيز المواد القابلة للتبخر (مواد عضوية) : يعبر عن تركيز المواد القابلة للتبخر بالنسبة المئوية لتلك المواد الموجودة في المواد الجافة ، وتعطي تلك النسبة معلومات عن القدرة الحرارية للحماة .
- قابلية الحماة للضغط .
- لزوجة الحماة .
- قابلية الحماة للتشيع وللفصل بطريقة قوى الطرد المركزي

2-4-2 - طرق معالجة الحماة :

تعالج الحماة لتحفيض حجمها ولازالة فعالية التخمر المتمتع بها أي تثبيتها . وتجري عملية إيقاف النحمرات بإزالة المياه من الحماة والتطهير الكيميائي .

أ - تثبيت الحماة .

- التثبيت الهوائي :

تعتمد طريقة التثبيت الهوائي على تهوية الحمأة لفترة طويلة بحيث تتكاثر الأجسام الحية الدقيقة بشكل سريع وتقوم بأكسدة المركبات العضوية الموجودة داخل الحمأة وبذلك تتم عملية تثبيتها. تجري عملية التهوية في أحواض خاصة ومغذات بالحمأة الخارجة من حوض التهوية وبالأكسجين أو الهواء. تستهلك هذه الطريقة كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية حيث يلزم 150 إلى 300 واط لكل كيلو غرام من الحمأة المجففة. تخرج الحمأة المعالجة من حوض التثبيت على شكل مائع أسمر قليل الرائحة. تظل الحمأة عادة حوالي العشرة أيام ضمن حوض التثبيت الهوائي وتفقد 40٪ من المواد القابلة للتبخر.

- التخمر اللاهوائي:

تجري عملية التخمر اللاهوائي ضمن حوض مغلق لا يدخله الهواء ويسمى المخمر أو الهاضم. تقلك عملية التخمر المتباني قدرة كبيرة على تفكيك الجزيئات العضوية وتحويلها إلى غازات بسيطة كالميثان وبخار الماء. تتجاوز تكاليف بناء منشأة للتخمر اللاهوائي منشأة التثبيت الهوائي بشكل كبير وهذا هو أهم مساوئ تلك الطريقة، كما أنها حساسة بشكل كبير لتغيرات قيمة PH الوسط أو الحمولة العضوية أو درجة الحرارة.

يسمح التخمر اللاهوائي بإزالة قسماً كبيراً من المواد العضوية المعلقة أو المنحلة في مياه المجاريير العامة. ونلاحظ أن حجم الحمأة المتبقية بعد عملية التخمر اللاهوائي أقل بثلاث مرات من التثبيت الهوائي للحمأة الناتجة عن مياه المجاريير العامة.

تؤدي عملية التخمر اللاهوائي إلى تعظيم كامل للجراثيم الممرضة. وتعطى النسبة المثوية لارجاع المركبات العضوية بالعلاقة التالية:

$$X = 1 - \frac{M_1 (100 - M_2)}{m^2 (100 - M_2)}$$

حيث: m_1 - النسبة المئوية للمركبات المعدنية في الحمأة قبل المعالجة.
 m_2 - النسبة المئوية للمركبات المعدنية في الحمأة بعد المعالجة.
وتصل قيمة تلك النسبة إلى 50 ٪ أحياناً. ويلخص الجدول التالي مواصفات كل من الطريقتين السابقتين:

المواصفات	طريقة التثبيت	طريقة التخمر
	الهوائي	اللاهوائي
	CO_2, H_2O, NO_3	NH_4, H_2, CH_4
المواد الناتجة عن عملية التحطيم	650 حريرة /مول	35 حريرة مول
الطاقة المستهلكة من قبل البكتريا	+	-
سرعة التحطيم (التفهير)	+	-
بناء خلايا حية جديدة	-	+
ارجاع نهائي للمركبات العضوية	500-500 مغ / لتر	3000-500 مغ / لتر
DBO_5 متبقية	-	+
DBO_5 في 1 غ من المواد الطليارة	+	-
النسبة M_0/M_5	-	+
ثبات المركبات الناتجة (رائحة)	-	+

جدول 14 - مقارنة مواصفات طريقتي معالجة الحمأة

تتميز عملية التخمر اللاهوائي باحتوائها على طورين مختلفين هما:
- طور سائل أو الطور الحمضي الحاوي على البكتريا المتجة للحموص الطليارة.

- طور غازي يحوي البكتريا الميتانية (*Bacterie Méthanique*) والتي تحول الحموص والكحول في المرحلة الأولى إلى غاز الميثان.

يحوي حوض التخمرات اللاهوائية على النوعين السابقين من البكتريا بحيث يعدل الميثان الناتج في الطور الثاني حموضة الوسط الناتجة عن الطور الأول وبذلك يتميز حوض التخمر المتوازن بالخاصتين التاليتين:

1- وسط معتدل (6,8 - 7,8 PH =

2- النسبة بين كمية الحموض الطيارة وقيمة TAC أقل من 0,4 (وتساوي 0,2 في أكثر الأحيان).

تحتوي الغازات الناتجة عن عملية التخمير 65 إلى 70 ٪ من حجمها غاز الميثان. وتتأثر كثيراً عمية التخمير بدرجة الحرارة حيث تتوقف في درجة أقل من 11 م وتعطي المردود الجيد في الدرجة 35 م مما يجعل عملية التسخين ضرورية غير أن وجود غاز الميثان المستعمل في عملية التسخين يخفف كثيراً من تكاليف تلك الطريقة.

ب - إزالة الماء من الحمأة :

- تكثيف الحمأة (Epaississement) : تتم عملية التكثيف للحمأة بواسطة التكتل أو التعويم لها وتخصص عملية التعويم للحمأة المشطة . تجري حسابات سعة الحوض المرقد على أساس حمولة نوعية تتراوح بين 25 إلى 120 كغ من MES للمتر المربع يومياً .

- تعديل الحمأة : تتم عملية تعديل للحمأة بطريقة كيميائية أو حرارية . ويستعمل للتعديل الكيميائي مركبات معدنية (كلور الحديد ، الكلس الحي) أو بوليميرات عضوية . يضاف كلور الحديد بنسبة 4 إلى 10 ٪ من وزن المواد المعلقة (MES) الموجودة ضمن الماء الخام ، أما الكلس الحي فإنه يضاف بنسبة 1 إلى 2 مرة من وزن كلور الحديد . بينما يتم التعديل الحراري بتسخين الحمأة إلى درجة حرارة عالية (160 - 210 م) مما يؤدي إلى تحولات في البنية الفيزيائية للمركبات العضوية والغرويات . يتراوح زمن التسخين بين 30 إلى 90 دقيقة . ويعطي الشكل التالي مخططاً لمنشأة التعديل الحراري للحمأة (شكل 20) .

- ترشيح الحمأة : تعتبر طريقة ترشيح الحمأة بالضغط الطريقة الأكثر انتشاراً في إزالة المياه من الحمأة حالياً ، ويمكن التعبير عن تلك العملية من خلال العلاقة التالية مع اهمال المقاومة الناتجة عن الحمأة :

$$\frac{dV}{dt} = \frac{P S^2}{\mu \cdot R \cdot C \cdot V}$$

حيث V - حجم الرشاحة (الصلبة) مقدرة بالمتر المكعب

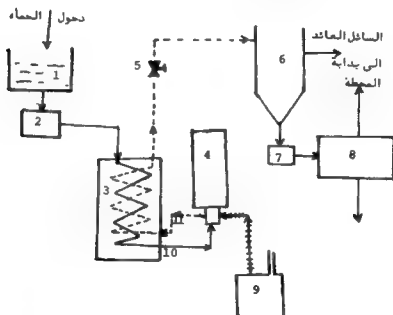
P - الضغط دينة / سم²

S - سطح المرشح

μ - لزوجة الرشاحة بالبوايز (Poises)

R - معامل الترشيح للحمأة تحت الضغط P مقدرة بالسنتيمتر على غرام

C - تركيز المواد المعلقة في الحمأة مقدرة غ / سم³



1 - خزان المياه الخام والحمأة، 2 - مضخة، 3 - مبادل حراري

4 - مفاعل حراري، 5 - صنبور للتفريغ الآلي، 6 - مرقد

7 - مضخة، 8 - مرشح بالضغط، 9 - مسخن لاعطاء البخار

10 - حمأة ساخنة ودخلة الى المفاعل الحراري، 11 - حمأة معالجة وساخرة

شكل 20

مخطط لمحطة التعديل الحراري

جـ - التخلص من الحمأة .

يوجد طرق عديدة للتخلص من الحمأة بعد معالجتها نذكر منها :

- 1- تفرينها في مكان معين بعد معالجتها بشكل كامل
- 2- استعمالها كسماد زراعي على شكلها السائل أو بعد معالجتها كي تسهل عملية نقلها إلى أماكن بعيدة عن محطة التنقية .
- 3- وضعها في بئر تخصص لها بعد مزجها بمواد سيلولوزية .
- 4- تحويلها إلى رماد (Incinération)

3 - محطات معالجة مياه الصرف الحضرية (مياه المجاري العامة) :

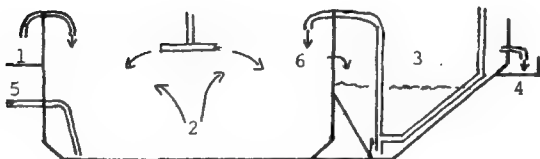
إن معالجة المخلفات السائلة وإعادة استعمالها أصبح ضرورياً وخاصة في المناطق الفقيرة بمصادر المياه الطبيعية . حيث تستعمل المياه التي تمت معالجتها بالزراعة أو الصناعة أو في مجالات خاصة أخرى ، ولكن إعادة استعمال المياه يتطلب معالجة متكاملة لها .

سنستعرض خلال هذه الفقرة أنواع مختلفة لمحطات المعالجة المخصصة لمياه المجاري العامة والمتشرة بشكل واسع .

3-1 - محطات المعالجة المستعملة لأحواض التهوية المطولة :

يختص هذا النوع من الأحواض للمحطات الصغيرة نسبياً حيث تكون سعتها محدودة . غير أن لها مميزات عديدة من أهمها سهولة استخدامها ولكن يلزمها

حوض واسع جداً بالمقارنة مع الطرق الأخرى. يوضح الشكل 21 مخططاً لمحطة تعتمد على طريقة حوض التهوية المطولة والتي تتم به تهوية سطحية متبوعة بحوض للترقيق مجهز بمضخة لاعادة قسماً من الحمأة إلى حوض الأكسدة.



- 1 - وصول الماء المراد معالجته بعد تعرضه لمعالجة أولية
- 2 - الأكسجة، 3 - الترويق، 4 - خروج الماء المعالج
- 5 - سحب الحمأة الزائدة، 6 - الحمأة العائدة إلى الحوض

شكل 21

مخطط لمحطة تعتمد على التهوية المطولة

يدخل الماء الخام إلى حوض الأكسدة حيث يمزج مع الهواء والحمأة العائدة من حوض الترويق وتؤمن عملية التحريك والتهوية بواسطة جهاز موضوع على سطح الحوض بحيث تكون التهوية سطحية في هذا النوع من الأحواض. يخرج الماء من حوض الأكسدة إلى حوض الترويق ضمن فوهة تسمح للمياه بالمرور وتمنع الحمأة من المرور عبرها. كما يوجد مضخة لاعادة الحمأة من حوض الترويق إلى حوض الأكسدة.

2-3 - محطات المعالجة ذوي الاستطاعات المتوسطة :

تستعمل هذه المحطات لمعالجة مياه المجاري للمدن الصغيرة (أقل من 50000 نسمة). ويوضح الشكل 22 نموذجاً لهذه المحطات ونلاحظ أنها تحتوي على حوض للتهوية متبوعاً بحوض للترقيق ومرفقة بها سلسلة كاملة لمعالجة الحمأة الناتجة.

يمرر ماء الصرف على شبك معدني لفصل الأجسام الكبيرة ومن ثم على حوض لإزالة الرمال قبل دخوله حوض التخلص من الزيوت والشحوم الطافية على السطح. يدخل الماء بعد ذلك إلى حوض التهوية (1) المجهز بنظام لضخ الهواء بشكل سطحي مع التحريك المستمر (2). يخرج الماء من حوض التهوية ليدخل حوض الترويق (3) حيث تفصل الحمأة المترسبة في قاع الحوض عن الماء الراثق ويعدان قسماً من الحمأة إلى حوض التهوية بواسطة مضخة خاصة أو بالاعتماد على مبدأ الجاذبية الأرضية في حالة كون حوض الترويق بمستوى أعلى من حوض التهوية. بينما يقاد القسم الفائض من الحمأة إلى حوض التثبيت (4).

تبلغ استطاعة حوض التهوية في هذه المحطة 1 إلى 2 كغ من DBO_5 للمتر المكعب الواحد من حجم الحوض يومياً. بينما تصل الحمولة الهيدرولية للمروق إلى 2 متر مكعب في الساعة للمتر المربع الواحد من سطح الحوض. ويحدد حجم حوض تثبيت الحمأة اعتماداً على عدد السكان للمنطقة التي تطرح فضلاتها في محطة المعالجة حيث يبنى على أساس 25 إلى 50 ليتر للفرد الواحد.

3-3 - محطات المعالجة ذوي الاستطاعات العالية :

تحتوي محطات المعالجة لمياه الصرف والمخصصة للمدن الكبيرة على المراحل التالية :

- شبك لفصل الجسيمات الصلبة الكبيرة.

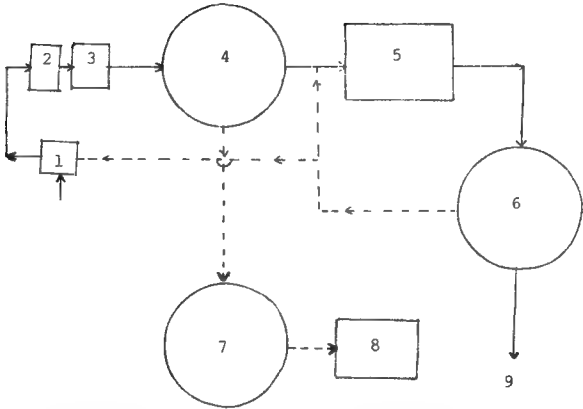
- حوض لازالة الرمال.

- حوض لازالة الزيوت والشحوم.

- ترقيد أولي.

- حوض التهوية.

- مرقق.



- 1 - حلزون رفع الماء، 2 - شبك معدني، 3 - حوض ازالة الزيوت والرمال
4 - مرقد أولي، 5 - حوض التهوية، 6 - حوض الترويق، 7 - حوض تحمير الحمأة
8 - السرير المجفف للحمأة، 9 - المياه المعالجة

شكل 23

محطة المعالجة للمياه وللحمأة المنشطة

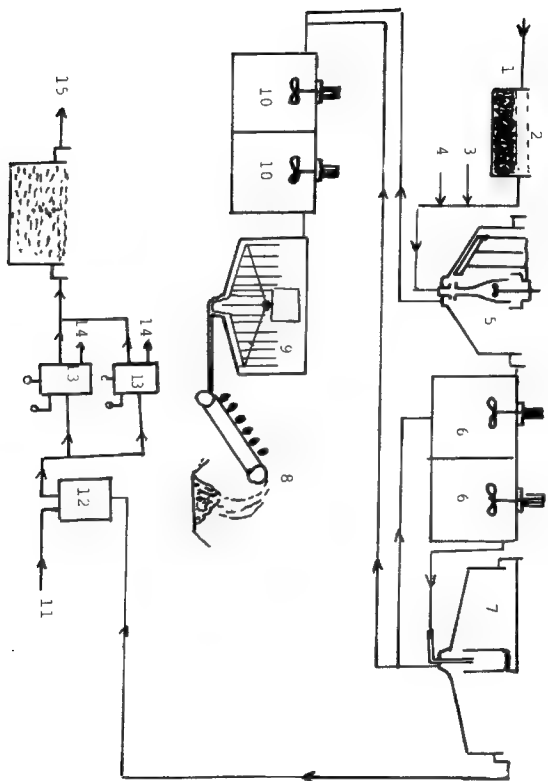
- معالجة الحمأة وتتضمن حوض للتخمير اللاهوائي ونظام للتشيف الميكانيكي أو الحراري . ونظراً لكون فعالية التخمير اللاهوائي تزداد عندما تكون الحمأة حديثة التشكل فإنه يتم مزج الحمأة المنشطة الزائدة عن حوض الترويق مع المياه الخام قبل دخولها حوض الترقيد الأولي مما يرفع أيضاً مردود ذلك الحوض بمقدار 25 إلى 35٪ بالنسبة إلى الطلب الكيميائي الحيوي للاكسجين وبذلك يمكن اختصار حجم حوض التهوية من جهة وتوفير الطاقة المستعملة لمعالجة الحمأة المنشطة من جهة أخرى . ويوضح الشكل 23 مخططاً لمحطة من هذا النوع .

3-4 - المحطات الجامعة بين حوض التهوية والسرير البكتري :

تستعمل المحطات الجامعة بين حوض التهوية والسرير البكتري للحصول على مياه معالجة بشكل جيد وقابلة للاستخدام في مجالات عديدة . ونعطي فيما يلي وصفاً لنوعين من تلك المحطات :

1 - محطة Tremblade في فرنسا :

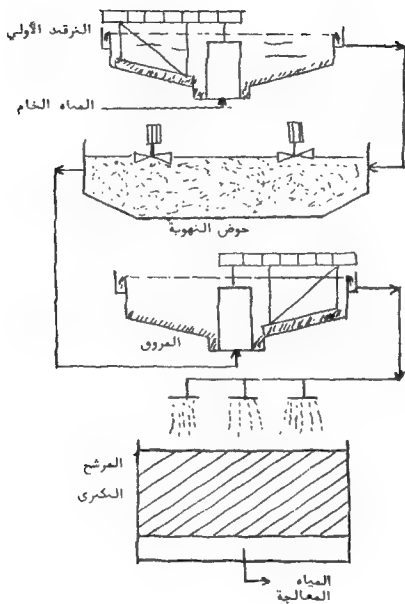
تعالج هذه المحطة مخلفات 5000 ساكن في الشتاء و 16000 ساكن في الصيف . تضم المحطة نظاماً للمعالجة الكيميائية متنوعة بمردد للتخلص من الرواسب الناتجة عن عملية التكتل ومن ثم حوض للتهوية سعته 1000 متر مكعب ، يتبع حوض التهوية بحوض آخر للترسيد ومن ثم المرشح البكتري والمؤلف هنا من مرشحين متوازيين سطح كل منهما 6,3 متر مربع وارتفاعه 1,5 متر . يحوي المرشح بداخله التراب المشوي على شكل حبيبات أبعادها 2 مم . تجري عملية مزج الهواء مع الماء الخارج من حوض الترويق في وعاء خاص بذلك وقبل دخول الماء إلى المرشح البكتري . تحوي المحطة أيضاً على نظام متكامل لمعالجة الحمأة المنشطة بواسطة حوض للتثبيت سعته 600 متر مكعب متبوعاً بحوض لتكثيف الحمأة ومن ثم تشيفها وتحويلها إلى سداد (شكل 24) .



- 1 - المياه الخام، 2 - حوض إزالة الرمال والزيوت، 3 - الكلور الجليد، 4 - كلور الجليد، 5 - المرقط
الأي، 6 - حوض التهوية، 7 - المرووق، 8 - تنشيف الحمأة، 9 - مكثف الحمأة، 10 - حوض
تثبيت الحمأة، 11 - هراء، 12 - التهوية الأولية، 13 - المرشح البكري، 14 - ماء الغسل للمرشح،
15 - الماء المعالج

شكل 24

عملية المعالجة Tremblade التصفية المعالجة الفيزيائية الكيميائية والجوية مع قسم
لمعالجة الحمأة



شكل 25

محطة المعالجة لمدينة منهايم في ألمانيا الاتحادية
والمتمثلة للمعالجة الفيزيائية الكيميائية والحيوية

2 - محطة Mannheim في ألمانيا الاتحادية :

تشمل هذه المحطة المخصصة لمياه الصرف العامة على الأجزاء التالية :
(شكل 25) :

- خط لمعالجة مياه الصرف باستعمال حوض التهوية مع معالجة أولية للمياه .
- تبلغ الحمولة الحجمية لحوض التهوية 7,2 كغ من DBO_5 للمتر المكعب يومياً ، بينما تبلغ الحمولة الكتلية 1,43 كغ من DBO_5 لكل كيلو غرام من الحمأة المنشطة .
- خط لمعالجة الحمأة المنشطة وتحوي على حوض تخمر لاهوائي وحراري مع وجود مثقلة ، وقد أضيف إلى تلك المحطة مرشحات بكتيرية .

الفصل السادس

المعالجة الفيزيائية الكيميائية

تطبق المعالجة الفيزيائية الكيميائية بشكل مستقل أو كمرحلة أولية تسبق لمعالجة الحيوية . يعتبر تطبيق المعالجة الفيزيائية الكيميائية بمفردها معالجة جزئية بينما تقوم بعملية تخفيض درجة التلوث عند جمعها مع المعالجة الحيوية مما يؤدي إلى تحسين في النتائج المستحصل عليها من المعالجة الحيوية . وتستعمل المعالجة الفيزيائية الكيميائية بشكل دائم أو بشكل وقي عند ازدياد درجة التلوث أو زيادة الحمولة الكتلية أو الحجمية وهذا ما يحدث عادة في فصل الصيف للمدن السياحية حيث يوجد اختلاف كبير بين كمية المياه المتدفقة على المحطة بين فصل الصيف وبقية الفصول وكذلك بنسبة تلوثها . عرفت طرق المعالجة الفيزيائية الكيميائية منذ زمن بعيد ولكن تطورها ظل محدوداً وبمجال استعمالها بقي منحصراً بمياه الصرف الصناعية بشكل أساسي لعدم جدوى تطبيق المعالجة الفيزيائية الكيميائية على مياه المجاري العامة الثابتة بدرجة تلوثها . أضف إلى ذلك ارتفاع تكاليف المعالجة الفيزيائية الكيميائية واعطائها كميات كبيرة من الحماة (الوحل) . رغم السليبات الخاصة بتلك الطريقة فإن تطبيقها عرف انتشاراً لا بأس به في بعض المجالات وخاصة في حالة كون مياه الصرف مكونة من مخلفات صناعية ومخلفات بشرية في فترات معينة بينما تتكون من مخلفات بشرية في الفترات

الأخرى (صناعات موسمية)، وكذلك في المناطق السياحية التي تعطي مياه صرف غير منتظمة في تدفقها وفي حولتها. تشكل المعالجة الفيزيائية الكيميائية ضمن تلك الشروط حلاً معقولاً وقادراً على التلائم مع تلك المتغيرات بشكل سريع وهذا ما لا تتوفر عليه المعالجة الحيوية.

1 - عملية التكتل :

تشكل عملية التكتل تجميعاً للأجسام الصغيرة المعلقة والغروية في كتل أكبر للاسراع في عملية الترسيب. ويتم التكتل نتيجة فعلين مختلفين :

الفعل الأول : يتلخص بإحداث حالة عدم استقرار في الجملة الغروية نتيجة اضافة كواشف كيميائية قادرة على إزالة القوى الدافعة المتمركزة على سطح الدقائق الغروية المعلقة في الوسط المائي . وتسمى الكواشف الكيميائية التي تؤدي هذا الدور بالمواد المخثرة (Coagulants).

الفعل الثاني : بعد تحرر الجسيمات الغروية من شحنتها نتيجة فعل التخثر، تبدأ عملية التجمع للجسيمات مع بعضها البعض لتشكل في البداية تكتلات ذات أبعاد تقارب 0,1 ميكرون تقريباً نتيجة للحركة البروانية ، ومن ثم تتجمع تلك الكتل في مجموعات أكبر حجماً بتأثير تحريك خارجي ميكانيكي أو بارتباطها بالمواد المكتلة ، وهو ما يسمى بالفعل التكتلي.

2 - المكتلات :

1-2 - المواد المخثرة المكتلة المعدنية :

تعتبر أملاح الحديد والألومنيوم من أكثر المكتلات انتشاراً في مجال معالجة المياه

وخاصة كبريتات الألمنيوم وكلور الحديد

أ - أملاح الألمنيوم:

- كبريتات الألمنيوم:

تستعمل كبريتات الألمنيوم ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) بمفردها أو تمزج مع الكلس الحي (CaO). تتحول كبريتات الألمنيوم الى هيدروكسيد الألمنيوم ($Al(OH)_3$) القليلة الانحلال وخاصة في الوسط المعتدل أو الضعيف الحموضة ($PH = 7 - 5.5$).

تلتصق جزيئات هيدروكسيد الألمنيوم أو بوليميرات هيدروكسيد الألمنيوم بالدقائق الغروية ، وتفرغها من شحنتها مشكلة معها دقائق غير مشحونة كهربائياً. يتأثر فعل كبريتات الألمنيوم على المعلقات الغروية بعوامل مختلفة أهمها PH الوسط وتركيز شوارد الألمنيوم وكثافة الغرويات وشحنتها.

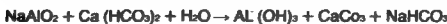
يلعب PH الوسط دوراً أساسياً في فعالية كبريتات الألمنيوم :

- وسط شديد الحموضة ($PH < 3$) : يكون الألمنيوم في هذا الوسط على شكل شوارد حرة Al^{3+} وبالتالي فإن أثره على الغرويات السالبة محدوداً ويتلخص بضغط الطبقة المنتشرة وأحداث حالة غير مستقرة في الدقيقة الغروية. بينما لا تلعب تلك الشوارد أي دور في عملية التكتل مما يجعل سرعة الترسيب بطيئة.

- وسط معتدل الحموضة ($6 > PH > 3$) : يتشكل في هذا الوسيط بوليميرات هيدروكسيد الألمنيوم الحاملة لشحنة موجبة والتي تعدل شحنة المعلق الغروي بضغط الطبقة المنتشرة وبالاتزان معاً. وتلعب دوراً مهماً في عملية التكتل مما يزيد من سرعة الترسيب.

- ألومينات الصوديوم $NaAlO_2$:

تضاف ألومينات الصوديوم بمفردها أو تمزج مع الكلس الحي . تتفاعل ألومينات الصوديوم مع كربونات الكالسيوم الحامضية معطية هيدروكسيد الألمنيوم الذي يقوم بدور المخثر المكنث :



- بوليميرات هيدروكسيد الألمنيوم :

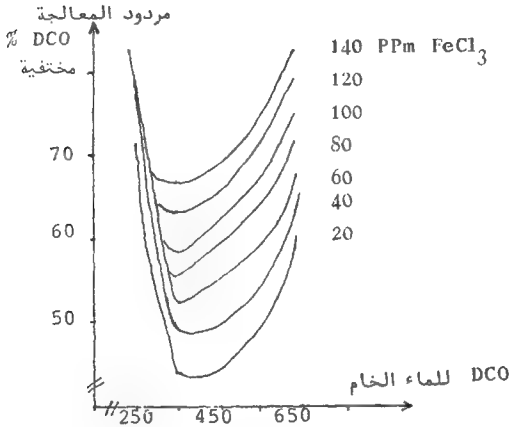
تستعمل في الوقت الراهن بوليميرات الألمنيوم بشكل واسع في تصفية المياه ، لأنها تتمتع بصفات التخثر والتكتل وتملك فعالية أكبر من أملاح الألمنيوم الأخرى .

ب - أملاح الحديد :

تؤدي أملاح الحديد دوراً مشابهاً لدور أملاح الألمنيوم ، غير أن مجال تأثيرها أكثر اتساعاً من أملاح الألمنيوم ، بينما تنحصر فعالية شوارد الألمنيوم ضمن مجال محدد من الـ PH (6 إلى 7,4) ، فإن أملاح الحديد قادرة على القيام بدورها في مجال يمتد من PH=5 الى PH=10 ، ومن جهة أخرى فإن المكنثات التي تشكلها شوارد الحديد أثقل من تلك التي تشكلها شوارد الألمنيوم مما يجعل سرعة ترسيبها أكبر ، غير أن أهم عيوب مركبات الحديد اعطائها كميات كبيرة من الراسب والتي يصعب التخلص منها فيما بعد . ومن أهم مركبات الحديد المستعملة في مجال معالجة المياه نذكر :

FeCl ₃	- كلور الحديد
FeSO ₄	- كبريتات الحديد
Fe ₂ (SO ₄) ₃	- كبريتات الحديد
C.S.F	- كلور كبريتات الحديد

تعطي المنحنيات البيانية الواردة في الشكل 26 مردود عملية التصفية المستعملة مقسدة بتغيرات الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO) بدلالة DCO لمياه الصرف الخام وبدلالة كمية كلور الحديد المضاف.



شكل 26

مردود عملية التصفية مقسدة بنسبة DCO المختفية بعد عملية المعالجة بدلالة DCO للماء الخام وبدلالة كمية الحديد المضافة.

2-2 - المكتلات اللامعدنية ومساعدات التكتل:

تستخدم المكتلات اللامعدنية ومساعدات التكتل بشكل واسع في مجال

معالجة المياه، ويتم استعمالها بمفردها لأحداث حالة التكتل أو تضاف إلى المكتلات المعدنية. يكون منشأ تلك المركبات طبيعياً أو تكون مصنعة ونذكر فيما يلي أهم تلك المركبات:

- السيليس المنشط: يرمز السيليس المنشط إلى محلول عديدي السيليس $(H_2SiO_3)_n$. وقد اعتبر من أهم المكتلات قبل اكتشاف البوليميرات العضوية الكهرلتيية وما زال يستعمل في معالجة المياه. يحضر بالتعديل الجزئي لمحلول من سيليكات الصوديوم باستعمال حمض معدني (H_2CO_3 , HCl , H_2SO_4) أو كربونات الصوديوم الحامضية.

- البوليميرات العضوية: تتألف البوليميرات العضوية من جزيئات ضخمة ذات أصل طبيعي أو صناعي. وتقسم البوليميرات المصنعة إلى ثلاثة أنواع وذلك تبعاً للصفة التشريعية للمجموعة الفعالة:

1- البوليميرات غير المتشردة

2- البوليميرات الموجبة

3- البوليميرات السالبة.

تلعب البوليميرات دوراً كبيراً في عملية التكتل باتصالها بالجسيمات المعلقة وزيادة سرعة الترسيب، وقد يمتد دورها إلى عملية التخثر في حالة البوليميرات الموجبة الشحنة. أما دور البوليميرات السالبة وغير المشحونة فينحصر دورها بالامتزاز على سطح الجسيمات الغروية وأحداث حالة تكتل. تتم عملية اختيار البوليمير المناسب لنوعية المياه المراد معالجتها من خلال تجارب مخبرية على الأنواع المختلفة لها، ولا يمكن وضع قواعد عامة وثابتة لاستخدامها.

3 - الترقيد أو الترسيب:

يسيل الماء الخام المزوج بالمواد الكيميائية إلى حوض الترقيد. ويتم اختيار

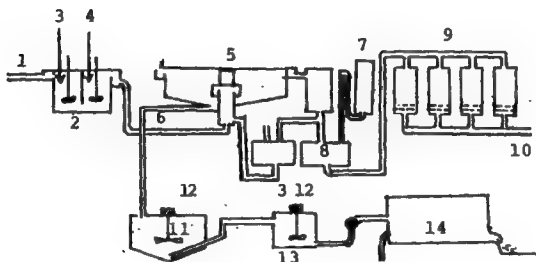
الحوض المناسب لعملية المعالجة المطلوبة حيث يوجد أنواع كثيرة من أحواض الترقيد ولكل منها مواصفاته الخاصة. غير أن أهم عامل في اختيار حوض الترقيد هو السماح للماء للبقاء في داخله فترة من الزمن كافية لترسيب التجمعات المشكلة، وخروج الماء منه بدرجة صفاء مقبولة. تبلغ سرعة الترقيد 1,5 متر في الساعة عند استعمال البوليميرات المصنعة بينما تصل إلى 2 متر في الساعة في حالة استعمال الأملاح المعدنية كمكتلات، كما يضاف الكلور الحي لزيادة سرعة الترقيد.

تتعلق سرعة الترقيد (الترسيب) بشكل المرقد ولذلك تجري دراسة مفصلة على سرعة الترقيد وكمية المواد الصلبة الراسبة قبل انشاء المرقد، ولقد أحدثت تقنيات واسعة على أحواض الترقيد ونذكر على سبيل المثال أن هناك مرققات خاصة (Turbo - Circulator) تعطي سرعة عالية للترقيد تصل إلى 20 متر في الساعة.

4 - طريقة الجمع بين المعالجة الفيزيائية الكيميائية والمعالجة الحيوية :

نظراً للمردود المتواضع نوعاً ما للمعالجة الفيزيائية الكيميائية فإنها تُجمع مع المعالجة الحيوية ضمن سلسلة متكاملة لتصفية مياه الصرف. تستعمل أحياناً مرحلة التكتل الميكانيكي بمفردها قبل المعالجة الحيوية أو طريقة التكتل باستعمال البوليميرات المصنعة، غير أنه في حالة المياه العالية الحمولة بالملوثات العضوية وخاصة الغروية منها فيفضل استعمال مكتلات معدنية (أملاح معدنية) لاحتداث حالة تكتل كاملة. يسمع استعمال الطريقة الأخيرة بالإضافة المرشح البكري لاتمام عملية التصفية بعد عملية ترقيد جيدة. كما يضاف أحياناً الفحم المنشط ضمن حوض التهوية لرفع مردوده وخاصة بالنسبة للملوثات العضوية.

يعطي الشكل 27 مخططاً لمحطة تصفية مياه الصرف لمدينة بريانسون الفرنسية والتي تعتبر محطة نموذجية لمعالجة مياه الصرف حيث أنها تتضمن المعالجة الفيزيائية الكيميائية متبوعاً بالمعالجة الحيوية على مرحلتين، حيث تشمل المرحلة الأولى المعالجة بحوض التهوية (الحمأة النشطة)، بينما تشمل المرحلة الثانية المرشحات البكتيرية. وتحتوي المحطة أيضاً سلسلة متكاملة لمعالجة الحمأة النشطة الناتجة وتحويلها إلى سداد جاف.



1 - المياه الخام المراد معالجتها، 2 - حوض التكتل، 3 - كواشف، 4 - مكثلات، 5 - حوض التهوية باستخدام الأكسجين النقي، 6 - الحزمة المستطبة، 7 - أكسجين نقي، 8 - ضاغط، 9 - مرشحات بكتيرية، 10 - مياه معالجة، 11 - خزان للحمأة، 12 - الكلور الحي، 13 - حوض التعديل، 14 - المرشح الضاغط

شکل 27.

محطة المعالجة الفيزيائية الكيميائية والحوية لمياه الصرف
لمدينة برانسون الفرنسية والملاحقة بمحطة لمعالجة الحمأة

الفصل السابع

معالجة مياه الصرف الصناعية

تشارك مياه الصرف المنزلية بخواص مشتركة ولا تختلف كثيراً من مدينة لأخرى مما يسهل تعميم عمليات المعالجة لها، بينما يختلف الوضع بالنسبة لمياه الصرف الصناعية حيث تختلف المخلفات الصناعية من صناعة لأخرى نتيجة اختلاف المواد الأولية للصناعة والمواد الناتجة أو المصنعة. يوجد قواعد عامة لطرح مياه الصرف في المياه السطحية أو لاستعمالها في ري المزروعات، وتتمثل تلك القواعد بتحديد محتوى مياه الصرف من $DBQs$ و DCO و MES . غير أن تلك الشروط غير كافية بالنسبة لمياه الصرف الصناعية ويجب إضافة شروط خاصة بكل صناعة للتأكد من غياب الملوثات أو المواد الضارة المعدنية والعضوية المستعملة في تلك الصناعة؛ ومن الصعب وضع قواعد دقيقة وإن كان هناك شروط عامة لطرح مياه الصرف في المياه السطحية (ملحق 1).

يجب الاطلاع ببعض المعلومات الهامة الخاصة بتوعية مياه الصرف قبل تطبيق طريقة المعالجة عليها ومن أهم تلك المعلومات:

- معرفة الملوثات الموجودة في المياه المراد معالجتها وتحديد مدى تأثيرها على البكتريا ومدى تأثرها بالكواشف الكيميائية.

- خواص مياه الصرف وتركيبها.

- طريقة تنظيم المجاري داخل المنشأة الصناعية، ومعرفة إذا كان هناك

فصل بين المجاري العامة ومياه الصرف الصناعية.

بعد معرفة تلك المعلومات يمكن وضع مخططٍ للمعالجة معتمداً على طرق التصنيف الفيزيائية الكيميائية بمفردها أو الطريقة الحيوية أو جمع الطريقتين معاً .
تصنف الملوثات الموجودة في مياه الصرف تبعاً لطريقة المعالجة :
- عناصر غير منحلة ويمكن فصلها فيزيائياً بوجود مواد مكنة أو بدونها .
ونذكر من تلك المواد الزيوت والشحوم والفحم الهيدروجينية والتي تفصل بالتعويم ، بينما تفصل المواد المعلقة والغروية بالتكتل والترقيد مثل الرمال وأكاسيد المعادن وهيدروكسيدات المعادن والكبريت الغروي واللبن النباتي (Latex) وغيرها .

- عناصر عضوية تفصل بالامتزاز : تمتز بعض المواد العضوية المنحلة في مياه الصرف على سطح بعض المواد المازة وخاصة الفحم المنشط ، ومن تلك المواد القابلة للامتزاز الملوثات والمنظفات والجزئيات الضخمة والمركبات الفينولية .
- عناصر تفصل بالترسيب : ترسب المعادن السامة في مجال معين من PH الوسط (Al,Ti,Be,Ni,Zn,Cu,Fe,Cr,Hg,Pb) ويمكن ترسيب عناصر أخرى غير معدنية مثل الكبريتيت والفوسفات والكبريتات والفلور بإضافة عناصر كيميائية .
- عناصر تفصل تحت الفراغ : تفصل المواد القابلة للتبخر تحت الفراغ مثل كبريت الهيدروجين والأمونيا والكحولات والفينولات وغيرها .
- عناصر تفصل بالأكسدة والارجاع : تستخدم بعض المؤكسدات القوية أو المرجعات القوية للتخلص من الكثير من الملوثات القابلة للأكسدة أو الارجاع مثل السيانور والكروم السداسي والكلور والنترت وغيرها .

- عناصر تزال باستعمال المبادلات الشاردية أو الحلول العكوس (Osmose Inverse) : تفصل بهذه الطرق المركبات العضوية الشاردية وأملاح الحموض القوية والأسس القوية وغيرها .

- عناصر تزال بالمعالجة الحيوية : تحلل بالطرق الحيوية كافة العناصر القابلة للتفهم الحيوي مثل السكر والبروتينات والفينولات كما يمكن معالجة مركبات

أخرى مختلفة بعد اجراء عملية تنمية للبيكتريا المناسبة لتلك المركبات (فورمول، أنيلين، منظفات، ...).

ومستعرض فيما يلي مواصفات مياه صرف صناعية وطرق المعالجة المطبقة عليها. ونظراً لاستحالة التعرض إلى كل أنواع الصناعات الموجودة حالياً فإننا سنحاول استعراض أهم تلك الصناعات وخاصة المتميزة باستهلاكها لكميات كبيرة من المياه والمنتشرة بشكل واسع في البلدان النامية.

1 - الصناعات الزراعية والغذائية :

تتميز مياه الصرف الناتجة عن الصناعات الغذائية بحمولتها العالية من المركبات العضوية القابلة للتحلل الحيوي وتشارك بهذه الخاصة مع مياه الصرف المنزلية. وتختلف نوعية المركبات الكيميائية المطروحة باختلاف الصناعة الطارحة لها، ونظراً لكون معظم الصناعات الغذائية موسمية فإن تدفق مياه الصرف الناتجة عنها غير ثابت ومرتبطة بفترات العمل وهذا ما يطرح مشكلة جدية أثناء اختيار طريقة المعالجة وخاصة في حالة المعالجة الحيوية.

1-1 - صناعة الحليب ومشتقاته :

يختلف تركيب مياه الصرف الناتجة عن مصانع الحليب ومشتقاته باختلاف مصدرها، حيث تعطي مصانع التعقيم والتعبئة مياه صرف حاوية على الحليب بشكل ممدد والناتج عن عمليات الغسل للأجهزة مع وجود الحمض المعدني (حمض الازوت) أو الصود الكاوي المستعملان في عمليات الغسيل. بينما تعطي مصانع الجبن مياه غنية بمركبات اللاكتوز والبروتين وغيرها. ويختلف تدفق

وتركيب مياه الصرف أيضاً باختلاف شروط عملية التصنيع من تهريب للحليب أو مزج مياه التبريد مع مياه الصرف أو معالجة الحليب، ويكفي أن نعلم أن قيمة DBO_5 للحليب الكامل تبلغ 100 غرام للتر الواحد. يعطي الجدول التالي قيماً تقريبية لـ DBO_5 الناتجة عن مختلف الصناعات القائمة في معامل الحليب ومشتقاتها (جدول 15).

النشاط الصناعي	غرام من DBO_5 من أجل 100 لتر من الحليب المعالج
مسحوق الحليب	100 إلى 300
زبدة ومسحوق الحليب	370 إلى 630
زبدة	100 إلى 300
جبن	650 إلى 1050
نعة الحليب	350 إلى 750

جدول 15 : قيم DBO_5 لمياه الصرف الناتجة عن صناعة الحليب ومشتقاته

يوجد داخل مصنع الحليب ومشتقاته ثلاثة أنواع لمياه الصرف هي :

- 1- مياه الصرف الصناعية الملوثة .
- 2- مياه الصرف الناتجة عن المغاسل والمراحيض .
- 3- مياه التبريد غير الملوثة .

1- حجم وتركيب وخواص مياه الصرف :

تبلغ كمية مياه الصرف الملوثة 0,5 إلى 3 مرات من كمية الحليب المعالج صمن المصنع ، بينما تبلغ كمية المياه المستعملة للتبريد 2 إلى 4 من كمية الحليب

المعالج . وتحوي مياه الصرف الناتجة عن صناعه احليب ومشتقاته مواد مختلفة مثل الزلال (Albumines) وجسيمات دسمة غير منحلة واللاكتوز المنحل وغيرها . ونورد فيما يلي (جدول 16) تركيب الحليب بشكل متوسط :

المادة	النسبة المئوية
ماء	88 %
جبنين وزلال	3,2 %
مواد دسمة	3,5 %
لاكتوز	4,5 %
بقايا -	0,8 %

جدول 16 : تركيب الحليب بشكل تقريبي .

ولاعطاء فكرة أكثر وضوحاً عن تركيب مياه الصرف الناتجة عن مصنع الحليب ومشتقاته نورد في الجدول 17 متوسط النتائج المستحصل عليها من خلال تحاليل عديدة .

تحتوي مياه الصرف أيضاً على عناصر مغذية للنباتات 30 مغ من الأزوت في اللتر و 2 إلى 3 مغ من حمض الفوسفور (P_2O_5) في اللتر و 3,4 مغ في اللتر من البوتاس (K_2O) بالإضافة إلى عناصر أخرى .

وتراوح قيمة الطلب الكيميائي الحيوي للاسجين (CBO_5) بين 200 إلى 6000 مغ / لتر . تتميز مخلفات مصانع الحليب بتحولها السريع إلى حموض أثناء عملية التخمر ويساعد على هذا التحول وجود مادة اللاكتوز التي تتحول إلى حمض اللاكتيك والبوتيريك ، وتؤدي تلك التحولات إلى انخفاض قيمة PH الوسط لمياه الصرف لتصل إلى 2 . إن تشكل تلك الحموض العضوية في مياه

مصدر مياه الصرف	البيتا المعلقة الكلية مع/ل	الزلال مع / ل	السيول الدسمة مع / ل	لايوز مع / ل	pH	الأكسدة مع/ل بالبرمنغنات
تصنيع الحليب	4,6 - 1,5	1,0 - 0,2	1,1 - 0,3	1,4-0,2	10,1-8,3	7,2-2
تصنيع الزبدة	7,5 - 0,4	2,9- 0,02	0,6-0,1	1,6-0,02	9,7 - 6,5	-0,08 13,5
تصنيع الجبن	16,2 - 1,2	2,0 - 0,4	0,5-0,3	9,4-0,1	7,9 - 4,3	- 4,0 20,1
مياه الصرف الكلية	3,1 - 1,2	0,38 - 0,34	0,35-0,24	0,92-0,35	9,4 - 7,4	- 1,4 3,7

17 : نتائج تحليل مياه الصرف للأقسام المختلفة لمصنع الحليب . جدول

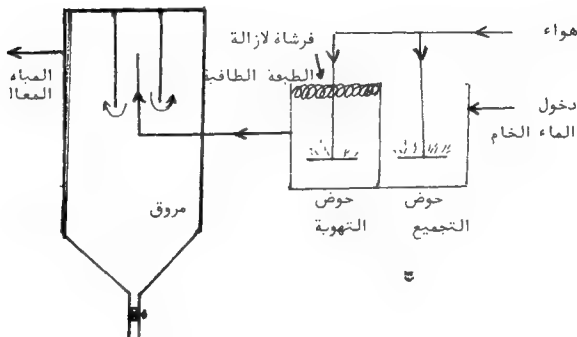
الصرف الناتجة عن مصانع الحليب يؤدي إلى تغيير كبير في النسبة بين الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين والأكسدة بالبرمنغنات حيث تبلغ تلك النسبة $\frac{1}{1,8}$ في مياه الصرف لمصانع الحليب بينما تبلغ $\frac{1}{4}$ في مياه المجاري العامة. ونظراً لأهمية تلك النسبة في عملية معالجة مياه الصرف فمن الضروري أخذها بعين الاعتبار أثناء وضع محطة المعالجة موضع التنفيذ.

ب - طرق المعالجة :

1 - استخدام مياه الصرف في ري الأراضي الزراعية : تستخدم مياه الصرف الناتجة عن مصانع الحليب ومشتقاته في ري الأراضي الزراعية بشكل مباشر أو بعد اجراء معالجة أولية لها . ويتميز باعطاء مردود زراعي ممتاز لاحتوائها على مواد مغذية للنباتات ، ولكن لا بد من توفر شروط محددة لاستخدامها ومن أهم تلك الشروط وجود الحقول الزراعية بجانب المصنع كي لا تتجاوز فترة تحرير مياه 5 ساعات لتجنب حدوث التحويلات الكيميائية الحيوية المعطية لمسحوق العضوية . يفضل مزج مياه المجاري العامة للمصنع مع المخلفات الصناعية قبل استخدامها في ري الأراضي الزراعية . تجري عملية معالجة أولية لمياه الصرف قبل استخدامها في ري المزارع وقد تنحصر عملية المعالجة بإمرار المياه على شبك معدني (أقل من 10 مم) وقد تمتد أحياناً أخرى إلى استخدام حفرة التعفن .

2- التصفية الحيوية باستعمال المرشح البكتري : تطبق طريقة المعالجة بواسطة المرشح البكتري وباستخدام مرشح وحيد للمصانع الصغيرة أو مرشحات يفصل بينهما حوض للترسيد مما يرفع من قدرة المحطة على المعالجة والتي تصل إلى 0,3 كغ من DBO_5 للمتر المكعب الواحد من حجم المرشحات يومياً مع اعطاء مياه مصفاة بشكل جيد . ويمكن رفع المردود بإمرار جزء من المياه المصفاة مرة ثانية بعد

مزجها مع المياه الخام قبل دخولها إلى المرشح .
 3- طريقة المعالجة باستعمال الحمأة المنشطة : تتميز مياه الصرف لمصانع الحليب باحتوائها على مواد مريعة التحلل بالطريقة الحيوية وتشكيل كميات كبيرة من الحمأة، مما يتطلب ادخال بعض التعديلات على أحواض التهوية التي تم استعراضها في فصل سابق . يوضح الشكل 28 مخططاً لمحطة معالجة مياه الصرف لمصنع الحليب
 الصرف لمصنع الحليب ومشتقاته في ألمانيا الاتحادية .
 شكل 28 : مخطط لمحطة معالجة مياه الصرف لمصنع الحليب



شكل 28
 مخطط لمحطة معالجة مياه الصرف لمصنع الحليب

بحسب حجم حوض التهوية (حوض 2) بحيث يسمح للماء، بالبقاء داخله يوماً كاملاً ويكون مسبقاً بحوض التجميع وهو مساو له بالحجم كما تتم عملية تغذية مستمرة لكلا الحوضين بالهواء.

تستعمل طريقة نظام الأكسدة السريعة ونظام التسريع الهوائي (راجع الفصل الخامس) في معالجة مياه الصرف الناتجة عن مصانع الحليب، ويتراوح مردود التصفية من 96 إلى 99% من قيمة الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين (D B O₅).

4- التهوية: تجري عملية تهوية لمياه الصرف خلال فترة زمنية تمتد من 5 إلى 6 ساعات دون استخدام الحمأة المشبعة وتعطي هذه الطريقة تصفية جزئية لمياه الصرف حيث يصل المردود إلى 70 ٪ من قيمة الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين.

5- طريقة الترشيح باستعمال التربة: تستعمل هذه الطريقة بشكل محدود في معالجة مياه الصرف الناتجة عن مصانع الحليب لأنها تؤدي إلى انطلاق روائح كريهة جداً وخاصة في فصل الصيف.

1-2 - صناعة حفظ الخضار والفواكه:

أ - مواصفات مياه الصرف:

تعمل مصانع حفظ الخضار والفواكه خلال فترات محددة من السنة (موسمية) وتطرح نوعين من مياه الصرف:

- النوع الأول: مياه غسيل الخضار والفواكه وتكون درجة تلوثها ضعيفة جداً.

- النوع الثاني: المياه القادمة من أحواض الطهي والغلي وتكون درجة تلوثها

عالية وتختلف من صناعة لأخرى (تكون قيمة DBO₅ قريبة من 25000 مغ/ليتر). ويعطي الجدول 18 درجة تلوث بعض مياه الصرف الناتجة عن الصناعات الغذائية معبر عنها بقيمة DBO₅ غرام لكل كيلو غرام من المواد المحفوظة المصنعة، مع كمية المياه الناتجة عن تصنيع 570 كيلو غرام من المواد المحفوظة.

نوع الصناعة	درجة التلوث	كمية المياه الناتجة عن تصنيع 570 كغ من المواد المحفوظة
الفاصوليا الخضراء	3 — 5	6,6 م ³
الفاصوليا البيضاء	5 — 7,5	—
الجزر	18 — 20	3,6 م ³
البازلاء	15 — 18	3,9 م ³
السبانخ	25 — 35	3,1 م ³
عصير البندورة (الطماطم)	6	2,4 م ³
الفطر	20	—
عصير الفواكه	3 — 6	—

جدول 18 : درجة التلوث وكمية مياه الصرف الناتجة عن صناعة حفظ الفواكه والخضار.

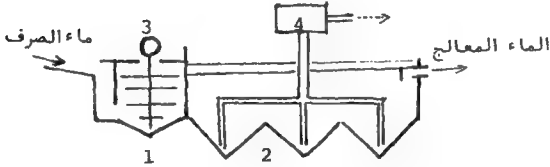
تتمتع مياه الصرف باحتوائها على السكريات بتركيز عالية، والأزوت في مياه الخضار ولكنها تفتقر إلى الفوسفور الكافي لعملية المعالجة الحيوية. ويعطي الجدول 19 نموذجاً لتحليل مياه الصرف الناتجة عن مصنع لحفظ الخضار والفواكه علماً أن تلك القيم تختلف من مصنع لآخر تبعاً للتقنية المستعملة في عملية الطهي والتعليب.

DBO ₅	PH	أكسدة بالبريتات	مواد متحللة	مواد متحللة	نوع الصناعة
مع / لتر		مع / لتر	مع / لتر	مع / لتر	
1150	4,9	1100	2500	450	عصير البنبرة (طاطم)
2710	4,7	2150	6000	300	البازلاء
240	7,6	—	1670	60	الفاصوليا الخضراء
280	7,0	40	1700	580	السيانج
1110	7,1	—	5800	1830	الجزر
1400	7,6	2000	—	600	دراني
200	7,6	700	—	260	الشمش

جدول 19 : نموذجاً لتحليل مياه الصرف الناتجة عن بعض صناعات الحفظ والتعليب لمدد من الحضر والمواكه

ب - طرق المعالجة :

تجري عملية غربلة لمياه الصرف باستخدام شبك معدني ذو ثقبوب أبعادها 0,6 مم في بداية عملية المعالجة. تتبع مرحلة الغربلة بترقيد ميكانيكي وقد يضاف أحياناً كواشف كيميائية لأحداث حالة تكتل وزيادة سرعة الترسيب، وتمثل تلك الكواشف الكلور الحي بمفرده أو يضاف إليه مركبات الحديد أو الألمنيوم، وتعرف تلك المرحلة بالمعالجة الفيزيائية الكيميائية. يعطي الشكل 29 مخططاً لطريقة التصفية الفيزيائية الكيميائية في مصانع حفظ الخضار والفواكه المنتشرة في الولايات المتحدة الأمريكية.



1 - حوض المزج مع التحريك، 2 - حوض الترقيد، 3 - المحرك

4 - مضخة لسحب الحمأة من حوض الترقيد

شكل 29

مخطط لمحطة التصفية الفيزيائية الكيميائية لمياه الصرف لمصنع حفظ الخضار والفواكه

يصب ماء الصرف في حوض صغير مجهز بمحرك بطيء، ويضاف إليه الكلور الحي والكواشف الكيميائية الأخرى. يحرك المزيج لمدة 15 دقيقة قبل أن

ينتقل إلى حوض الترويق (حوض الترقيد) حيث يمكث الماء في حوض الترويق لمدة تتراوح بين نصف ساعة إلى ساعة كاملة. يفصل الراسب عن الماء الراثق والذي يخرج من الجهة الأخرى للحوض.

يمكن إجراء عملية المعالجة الحيوية بعد المعالجة الفيزيائية الكيميائية ويستعمل في المعالجة الحيوية المرشح البكتري بشكل عام لأن طريقة حوص التهوية لا تناسب والصناعات الموسمية لصعوبة الاحتفاظ بالحماة النشطة خلال فترة توقف المصنع عن العمل.

تستعمل أيضاً طريقة المعالجة بواسطة التربة وذلك بعد مزج مياه الصرف الناتجة عن صناعة حفظ الخضار والفواكه مع نسبة من المياه النقية أو مياه المجاري العامة بعد إزالة الأجسام الصلبة منها.

3-1- مصانع حفظ اللحوم والمسالخ:

تختلف درجة تلوث مياه الصرف الناتجة عن المسالخ باختلاف عدد الحيوانات المذبوحة يومياً وباختلاف طرق التخلص من البقايا السائلة والصلبة الناتجة كالدم والفضلات الأخرى. يوضح الجدول 20 نموذجاً لمياه الصرف الناتجة عن أحد المسالخ الكبيرة في ألمانيا الاتحادية.

تعطي مصانع حفظ اللحوم مياه صرف ناتجة عن المسالخ الموجودة داخل المصنع إضافة إلى المياه الناتجة عن معالجة اللحوم قبل تعليبها. يجب معالجة مياه الصرف الناتجة عن المسالخ بالغربلة ومن ثم الترقيد والتعويم قبل طرحها في مياه المجاري العامة مما يخفض درجة تلوثها بمقدار 15٪.

تسترجع المواد الدسمة والبروتينات من مياه الصرف لاستعمالها في صناعات معينة (صناعة الصابون . . .) وتتم عملية الاسترجاع بواسطة أحواض التعويم (التطويف) كما تستخدم المواد الناتجة في تغذية الحيوانات.

تعطي مياه الصرف الناتجة عن المسالخ ومصانع حفظ اللحوم نتائج جيدة في المعالجة الحيوية لها، غير أن احتوائها على نسبة عالية من المواد الدسمة يؤدي إلى صعوبات في حالة استعمال طريقة المرشحات البكتيرية حيث تشكل تلك المواد طبقة على سطح المرشح البكتيري وترفع قيمة الضغط الخلقي مما يؤدي إلى انخفاض كبير في فعالية المرشح البكتيري .

10,75	المواد القابلة للترسيد مل / لتر
7,4	PH
580	مواد غير منحلة مغ / لتر
81,6	المتبقي الثابت مغ / لتر
	من المواد غير المنحلة
1206,1	المواد المنحلة مغ / لتر
272,4	المتبقي الثابت مغ / لتر
	من المواد المنحلة
108	مواد شحمية مغ / لتر
145	أزوت مغ / لتر
18,7	حمض الفوسفور (P_2O_5) مغ / لتر
28,7	بوتاسيوم (K_2O) مغ / لتر
131,0	كلس حي (CaO) مغ / لتر
153,6	أكسدة باليومنضات مغ / لتر
838,0	DBO ₅ مغ / ل

جدول 20 : تحليل مياه الصرف لأحد المسالخ الكبيرة في ألمانيا الاتحادية .

4-1 - صناعة السكر:

يوجد ثلاثة مصادر أساسية للتلوث المائي في مصنع السكر:
- المياه المستعملة لغسل وتنظيف الشوندر السكري
- المياه الناتجة عن معالجة الشوندر السكري
- المياه الناتجة عن عمليات تجديد المبادل الشاردي المستعمل لازالة التمعدن من عصير السكر.

تتكون الملوثات القادمة من تنظيف السكر من مواد معلقة وقابلة للترقيد ولذلك يمكن التخلص منها بإجراء عملية ترقيد لمياه الغسيل . تضاف مرحلة الغريلة قبل عملية الترقيد وكذلك حوض خاص بإزالة الرمال مما يرفع مردود التصفية بشكل كبير . تضاف أحياناً المواد المكتلة إلى حوض الترقيد ممزوجة بالكلس الحي لرفع مردود التصفية بحيث يعاد استعمال المياه المصفاة مرة أخرى في عملية غسل الشوندر السكري . وترتفع نسبة المواد القابلة للتخمر في المياه المستعملة باستمرار وقد وجد أن ارتفاع قيمة DBO_5 يبلغ 70 مغ / لتر يومياً مما يؤدي إلى ارتفاع مستمر لقيمة DBO_5 في المياه لتصل إلى 3000 - 5000 مغ / لتر من DBO_5 في نهاية موسم العمل . تستخدم طريقة التخمر اللاهوائي لازالة التلوث العضوي من ماء الغسيل وذلك بجمعها في أحواض كبيرة وتركها الفترة الفاصلة بين موسمين متتاليين، وتعتبر هذه الطريقة اقتصادية ولذلك فإنها تستعمل بشكل واسع رغم وجود بعض المساوئ لها مثل الرائحة الكريهة الصادرة عن تلك الأحواض والحاجة إلى مساحات كبيرة لبناء تلك الأحواض . ولذلك يتم استعمال أحواض التهوية في بعض الحالات للتخلص من المساوئ السابقة . يلخص الجدول 21 تحولات قيمة DBO_5 لحوض التخمر اللاهوائي خلال أشهر السنة التي يتوقف خلالها مصنع السكر عن العمل .

الشهر	قيمة DBO ₅ مغ / لتر	الشهر	قيمة DBO ₅ مغ / لتر
3	1239	7	546
4	1169	8	284
5	847	9	106
6	719	10	38

جدول 21 : تحولات قيمة DBO₅ خلال أشهر السنة لمياه غسل الشوندر المتجمعة في حوض التخمر اللاهوائي

نلاحظ من خلال استعراض نتائج التحليل الواردة في الجدول أعلاه أن التلوث العضوي ينخفض بشكل كبير جداً ليصل إلى قيمة معقولة في بداية موسم العمل اللاحق ويعاد استعمال تلك المياه من جديد في عملية غسيل الشوندر السكري .
تجري عملية تقطير داخل مصانع السكر للتخلص من دبس الشوندر السكري (Mélasse de Betterave) المشرد واللاسكري ، ويخرج مع مياه الصرف بشكل مركز مما يعطيها درجة عالية من التلوث العضوي (10 - 5 DBO₅ غرام / لتر) . تعالج تلك المياه بواسطة جهاز الطرد المركزي (المنفلة) لفصل دبس الشوندر واستعماله كعلف للحيوانات ، كما يمكن معالجة تلك المياه بطريقة المرشح البكتري والتي تعطي مردوداً عالياً خاصة وأن درجة حرارة مياه الصرف مرتفعة مما يرفع فعالية التحولات الحيوية ويستخدم المرشح البكتري ذو الطبقات المتعددة . يلحق أحياناً بالمرشحات البكتيرية حوض التهوية أو حوض التخمر اللاهوائي لاتمام عملية المعالجة وللتخلص النهائي من دبس الشوندر والمواد الكحولية الأخرى الناجمة عن عملية تصنيع السكر .

1- 5 - مصانع الزبدة والسمن والزيت :

تتكون المواد الأولية المستعملة في مصانع الزبدة والسمن والزيت من المواد الدهنية الصلبة والزيت الدسمة الحيوانية أو النباتية وهي مزيج من الغليسريد والحموض الدسمة وتحوي تلك المواد كميات صغيرة من لعاب النباتات والحموض الدسمة الحرة ومواد ملونة ومواد عطرية . تعامل المواد الأولية بحمض الكبريت (1.5 - 1 %) للتخلص من المركبات الأزوتية أو هيدروكسيد الصوديوم للتخلص من الحموض الدسمة الحرة ومن ثم تمرر على الفحم المنشط لامتزاع الشوائب الأخرى . تجري عمليات غسيل بالماء أو البخار لتلك المواد للتخلص من حمض الكبريت أو هيدروكسيد الصوديوم أو المواد الأخرى المستعملة أثناء عملية التصنيع .

تحوي مياه الصرف إذاً مياه حمضية أو قلوية ناتجة عن عملية الغسيل ومياه ناتجة عن تكاثف البخار المشبع بالروائح إضافة إلى ما تحمله من المواد الأولية المستعملة في الصناعة أو المواد المصنعة . تجري عملية المعالجة للمياه الحارة على المواد الدسمة بشكل منفصل عن بقية مياه الصرف . تزال المواد الدسمة من مياه الصرف بواسطة حوض إزالة الزيوت والمواد الطافية مع استخدام كواشف كيميائية مساعدة على التكتل والتعويم (كلسي حي ، كلور الكالسيوم ، أملاح الألمنيوم أو الحديد ، مساعدات عضوية ، . .) . وبعد فصل المواد الدسمة تتم معالجتها بالتجفيف ومن ثم بحرقها . بينما تتابع عملية تصفية المياه في أحواض الترقيد (مدة بقاء الماء في حوض الترقيد تتراوح بين 1.5 إلى 2 ساعة) وتستعمل تلك المياه فيما بعد في ري المزروعات بعد تعديل قيمة PH الوسط وتتمتع تلك المياه بمميزات تفوق تلك الناتجة عن مصانع الحليب بالنسبة لتغذية النباتات . ونشر أخيراً إلى إمكانية استخدام الطرق الحيوية لمعالجة مياه الصرف الناتجة عن مصانع الزبدة والسمن والزيت على شرط أن تزال الزيوت والمواد الطافية منها قبل معالجتها .

2 - صناعة الورق :

2-1 - صناعة الورق العادي والورق المقوى (الكرتون) :

تتميز مياه الصرف الناتجة عن مصانع الورق العادي والورق المقوى بما يلي :

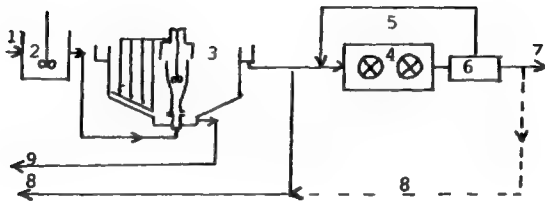
- يستهلك الطن الواحد من ورق الصحف والورق المقوى 30 متر مكعب من الماء بينما يصل استهلاك الطن الواحد من الورق الأبيض 200 متر مكعب ماء .

- تحوي مياه الصرف على ملوثات غير منحلة مثل خبوط السيليلوز وكربونات الكالسيوم والسيليس والأميدون وهيدروكسيد الألمنيوم وغيرها .

يتضح مما سبق أن صناعة الورق تستهلك كميات كبيرة من المياه وأن نوعية الملوثات المحمولة في مياه الصرف تناسب والطرق الفيزيائية الكيميائية للمعالجة كما يمكن إعادة استعمال المياه بعد معالجتها في عملية التصنيع . تستعمل طريقة التكتل بواسطة كبريتات الألمنيوم والتي تتبع بعملية ترقيد أو تعويم للمواد المعلقة وللغرويات . تعالج المواد الطافية أو الراسبة ويعاد استعمالها من جديد في صناعة الورق أو تجفف وتطرح خارجاً وذلك تبعاً لنوعية الورق المصنع .

يوضح الشكل 30 مخططاً نموذجياً لمحطة المعالجة المستعملة في مصانع الورق . تتضمن المحطة معالجة فيزيائية كيميائية لمياه الصرف كما يعالج قسماً منها معالجة حيوية بعد المعالجة الفيزيائية الكيميائية أما القسم الآخر فيعاد استعماله مباشرة في المصنع ودون معالجة حيوية . .

يلخص الجدول 22 النتائج التحليلية لمياه الصرف الخام والمياه التي تمت معالجتها في ثلاثة مصانع مختلفة والتي تنتج أنواعاً مختلفة من الورق المصنع .



1 - المياه الخام، 2 - التمديل والتكتل، 3 - المرقد، 4 - حوض التهوية (المعالجة الحيوية)، 5 - المياه المعاد معالجتها حيويًا، 6 - حوض الترويق، 7 - المياه المخدوفة في المجاري العامة، 8 - المياه المعالجة والمعدة للمصنع للاستخدام ثانية، 9 - الحمأة العائدة للمصنع للاستعمال مرة أخرى أو إلى محطة معالجة الحمأة.

شكل 30

مخطط لمحطة معالجة المياه الناتجة عن مصنع الورق

المياه الخارجة من حوض التفكيك والترسيد			المياه الداخلة لمحلة المعالجة			نوع الورق المنتج		
DBO ₅ mg / l	DCO mg / l	MES mg / l	DBO ₅ mg / l	DCO mg / l	MES DCO mg / l	DBO ₅ mg / l	DCO mg / l	MES mg / l
-30	+100	30	700	1230	30	780	1550	-300
40	150							3000
20	+30	30	-55	-100	-25	90	200	-100
			100	210	20			700
60	+300	80	1110	2500	150	1230	2700	550
أوراق الصحف								

جدول 22 : النتائج التحليلية لمياه صرف ناتجة عن مصنع للورق ومعالجة ضمن محطة تحوي على مرحلة المعالجة التيربالية الكيميائية (عملية تكلل وترسيد) تليها مرحلة المعالجة الطوبوية المثلثة
حوض التبرية (+) أو المرشح الكهربي وحوض التبرية ممتا (+++) التيسات الواردة في الجدول مقدرة بـمغ / لتر .

2-2 - صناعة عجينة الورق :

يختلف تركيب مياه الصرف الناتجة عن مصانع عجينة الورق باختلاف المادة النباتية الأولية المستعملة . ويوجد بشكل عام أربعة طرق لتحضير عجينة الورق هي :

- طريقة كرافت (Kraft) : تعتمد الطريقة على الطبخ القلوي للخشب ($\text{Na}_2\text{S}, \text{NaOH}$) مما يسمح بإذابة 40 إلى 50٪ من المواد الجافة في الخشب . تتواجد تلك المركبات العضوية المنحلة على شكل سائل أسود مع مياه الغسيل ، ثم تجري لها عملية تبيض وتطرح المياه الملونة المستعملة في تلك العملية مما يجعلها مصدراً أساسياً للتلوث الناتج عن صناعة عجينة الورق .

- طريقة ثنائي الكبريتيت (Bisulfite) يعامل الخشب بمحلول من ثنائي الكبريتيت معطياً عجينة بيضاء جاهزة مع مردود يصل إلى 50 ٪ .

- الطريقة النصف كيميائية (mi - Chimique) : تعتمد هذه الطريقة على المعالجة الكيميائية المترافقة مع فعل ميكانيكي ويكون مردود هذه الطريقة مرتفعاً (75%) .

- الطريقة الميكانيكية الحرارية وتعطي مردوداً يصل إلى 95 ٪ .

أ - تركيب وخواص مياه الصرف الناتجة عن صناعة عجينة الورق :

تستهلك صناعة عجينة الورق كميات كبيرة من الماء تتراوح بين 50 متر مكعب للطن الواحد من العجينة المصنعة بالطريقة الميكانيكية إلى 400 متر مكعب للطن الواحد بطريقة ثنائي الكبريتيت . وتحوي مياه الصرف تلك مواد معلقة مثل خيوط السيللوز والتراب وقطع الخشب وغيرها ومواد منحلة تعطي طلباً كيميائياً حيوياً للأكسجين مرتفع ($\text{DBO}_5 = 100 - 500$ مغ / ل) كما تتراوح قيمة

الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO) بين 300 و 4000 مغ / ل ، إضافة إلى كون مياه الصرف ملونة .

ب - طرق المعالجة :

تتطلب مياه الصرف الناتجة عن صناعة عجينة الورق والمتمتعة بالخواص المذكورة أعلاه الجمع بين طرق مختلفة للمعالجة كي يتم التخلص من المواد المعلقة والمواد القابلة للتحلل الحيوي والمواد المنحلة الأخرى . لذلك يتم بالبداية التخلص من المواد المعلقة بالترسيد والتعويم ومن ثم تطبق طريقة حوض التهوية للتخلص من المركبات العضوية القابلة للتحلل الحيوي ، وتتبع تلك العمليات بمراحل أخرى كالامتزاز على الفحم المنشط أو اللدائن العضوية (Résines) أو الترسيب الكيميائي وغيرها للتخلص من المركبات الكيميائية المنحلة والغير قابلة للتحلل الحيوي .

3 - صناعة النسيج :

تختلف نوعية مياه الصرف الناتجة عن صناعة النسيج باختلاف الخيوط المستعملة (طبيعية أو صناعية) وباختلاف طريقة الصباغة والمواد المستعملة بها .

3-1 - نوعية الفضلات السائلة :

تشمل صناعة النسيج على نوعين من الفعاليات هي :
- الفعاليات الميكانيكية والتي تعطي كميات صغيرة من الفضلات السائلة المتمثلة بالزيت والشحوم المستعملة في الآلات الميكانيكية .
- اتمام عملية النسيج (Finition Textile) والتي تشمل على عملية التبييض

والصبغة والتطبيع وتعطي كميات كبيرة من الفضلات السائلة .
ونلخص فيما يلي أهم الفضلات السائلة المطروحة من قبل مرحلة انمام
عملية النسيج :

- الملونات : النفطول، الملونات الكبريتية، المواد الفعالة سطحياً .
 - الحموض العضوية والحموض المعدنية .
 - القلويات (هيدروكسيد الصوديوم و كربونات الصوديوم) .
 - المواد المؤكسدة المستعملة في عملية التبييض : الماء الأكسجيني وماء
جافيل وثنائي كرومات البوتاسيوم وغيرها .
 - المواد المرجعة : سولفيت الصوديوم .
 - المواد الفعالة سطحياً : المنظفات والمواد المبللة .
 - مواد الصقل : أميدون، كربوميثيل السيليلوز، ...
- ويخلص الجدول 23 النتائج التحليلية لمياه الصرف الناتجة عن عملية انمام
النسيج .

التدفق	80 إلى 400 متر مكعب لكل طن من النسيج
PH	3 إلى 12 (قلوي على الأغلب)
DCO	200 إلى 1200 مغ / لتر
DBO ₅	60 إلى 400 مغ / لتر
MES	30 إلى 100 مغ / لتر
Cr ⁺⁶	2 إلى 3 مغ / لتر
S ⁻⁻	100 مغ / لتر

جدول 23 : تحليل مياه الصرف الناتجة عن عمليات انمام النسيج .

2-3 - طرق المعالجة :

تعتبر عملية توفير المياه المستعملة في صناعة النسيج إحدى العوامل الأساسية التي تؤخذ بعين الاعتبار أثناء التخطيط لأقامة مصنع للنسيج . تعالج مياه الصرف بإزالة الخيوط والأجسام المعلقة بواسطة شبك معدني ومن ثم تزال الزيوت والشحوم في الحوض المخصص لذلك وبعدها تمرز المياه القادمة من الأقسام المختلفة وتعالج بإحدى الطرق الثلاثة التالية :

أ - طريقة المعالجة الفيزيائية الكيميائية :

تشتمل المعالجة الفيزيائية الكيميائية على عملية تعديل للموسط متبوعة بعملية تخثر وتكتل باستخدام أملاح معدنية (أملاح الحديد أو الألمنيوم) مع إضافة مواد مساعدة على التكتل ، ومن ثم تجري عملية الترقيد للتخلص من المواد الراسبية . تعطي مرحلة التكتل مردوداً يتراوح بين 35 إلى 70 ٪ من قيمة DCO بينما يكون المردود ضعيفاً بالنسبة إلى DBO₅ ويتراوح بين 10 إلى 30 ٪ . تطبق طريقة المعالجة الفيزيائية الكيميائية باستمرار على مياه الصرف الناتجة عن صناعة النسيج لاحتواء تلك المياه على مركبات سامة لا تزال إلا بتلك الطريقة غير أن أهم مساوئ المعالجة الفيزيائية الكيميائية يتمثل بتشكيلها لكميات كبيرة من الرواسب التي لا تتمتع بأية قيمة اقتصادية ولا يمكن الاستفادة منها ولذلك يتم تشيفها باستعمال المرشح الضاغط أو المثقلة وتطرح في أماكن خاصة بالمخلفات الصلبة الصناعية .

ب - المعالجة الحيوية :

تستعمل طريقة أحواض التهوية (الحمأة المنشطة) لمعالجة المخلفات السائلة الناتجة عن صناعة النسيج وتطبق بعد إزالة المواد السامة والمواد المثبطة للفعل

الحيوي وذلك بالمعالجة الفيزيائية الكيميائية . تعطي طريقة أحواض التهوية مردوداً عالياً بالنسبة إلى DBOs والذي يتجاوز 80 ٪ ، غير أن المردود بالنسبة لإزالة الألوان ضعيفاً جداً لكون المواد الملونة تتمتع بقابلية ضعيفة للتحلل الحيوي . تعطي عملية جمع المعالجة الفيزيائية الكيميائية والحيوية مياه قابلة للطرح مباشرة ضمن مياه الأنهار.

جـ - طرق المعالجة الخاصة :

يمكن متابعة عمليات المعالجة السابقة بإضافة مواد مازة (الفحم المنشط) قادرة على إزالة الألوان بشكل كامل وكذلك إزالة المركبات العضوية الأخرى مما يفتح إمكانية استعمال المياه المصفاة في عملية التصنيع وتوفير كمية لا بأس بها من المياه اللازمة لعملية التصنيع .

4 - الصناعات البترولية :

تشكل المركبات الهيدروكربونية النسبة العظمى من الملوثات الموجودة في مياه الصرف الناتجة عن الصناعات البترولية ، ويضاف لها بعض المركبات الأخرى نذكر منها :

- المركبات العضوية . فينولات ، حمض السلفونيك ، كحولات ، . . .

- المركبات الكبريتية : الكبريت ، المركبتان ، ثيوسلفات ، . .

- أملاح الصوديوم .

- مواد معلقة : رمال ، تراب ، فحم ، وسائط ، . .

تفصل الفحوم الهيدروجينية على مرحلتين ، تتضمن المرحلة الأولى الفصل الفيزيائي اعتماداً على مبدأ الكثافة ، بينما تجري مرحلة الفصل الثانية باستخدام مساعدات التكتل في أحواض التعويم . نشير أن تطبيق المعالجة الحيوية لا تتم إلا

بعد أن تفصل المركبات الهيدروكربونية تماماً وكذلك المواد السامة والمشبطة للفعل الحيوي .

4-1 - مصادر التلوث بالمركبات البترولية :

يحدث التلوث بالمواد البترولية بسبب المخلفات الناتجة عن الصناعات البترولية أو نتيجة الحوادث المؤدية إلى تدفق كميات كبيرة من النفط . يمكن تجزئة مراحل الصناعات البترولية إلى ثلاثة مراحل أساسية هي :

1 - مرحلة الانتاج : تستخدم المياه في مرحلة انتاج النفط بشكل واسع ، كما أن البترول الخام يحوي على نسبة من المياه ، وتفصل تلك المياه بالتبخير عند درجة حرارة محصورة بين 50 و 90 درجة مئوية ، وتحوي المياه الناتجة على 0.5 إلى 2 غرام في الليتر من المواد الهيدروكربونية . كما تحوي الأوحال الناتجة عن حفر آبار النفط كميات كبيرة من المياه والتي يتم فصلها في أحواض ترقيد خاصة ومن ثم تزال طبقة الفحوم الهيدروكربونية العائمة ضمن أحواض خاصة بذلك مع اضافة الكواشف الكيميائية .

2 - نقل النفط بواسطة ناقلات النفط : ينتج عن عملية نقل النفط كميات كبيرة من المياه الملوثة بالمركبات الهيدروكربونية ، وتكون تلك المياه متواجدة داخل النفط المنقول وتفصل عنه أثناء عملية النقل . كما يتم تنظيف ناقلات النفط بعد تفريغها ويكون ماء التنظيف عملاً بالمواد المنظفة (0.1 إلى 3 غرام في الليتر) والمحلات العضوية بالاضافة إلى المواد البترولية .

3 - مياه الصرف الناتجة عن مصافي النفط : تتكون مياه الصرف الناتجة عن مصافي النفط من أنواع مختلفة في حولتها من المركبات البترولية وفي نوعية تلك المركبات . ونوجز فيما يلي المصادر الأساسية لمياه الصرف الناتجة عن مصافي النفط :

- المياه الناتجة عن أحواض ازالة الرمال من النفط وتكون تلك المياه ساخنة ودرجة ملوحتها عالية .

- بخار الماء الناتج عن عمليات تقطير النفط وتشكل المياه المستعملة 1 إلى 1,5 ٪ من كمية النفط المقطرة حجماً .

- بخار الماء الناتج عن عمليات التحطيم الوسيطى (Craquage Catalytique) وتكون نسبتها 2 إلى 6 ٪ من البترول المحطم ، ويحوي على الأمونياك والكبريت والفينول .

- المياه الزيتية الناتجة عن غسل مرافق مصافي النفط .

- المياه المستعملة لاذابة المواد الكيميائية التي تدخل في معالجة النفط كالصود الكاوي . وتعالج تلك المياه بشكل منفصل لاحتوائها على تراكيز عالية من المواد الكيميائية المستعملة .

4 - 2 - طرق المعالجة :

1 - الازالة الأولية للزيوت :

تستعمل أجهزة مختلفة للتخلص الاولي من الزيوت وتوضع تلك الأجهزة في مدخل محطة التنقية وتقوم بالفصل الميكانيكي لطبقة الفحوم الهيدروكربونية المتشكلة على السطح وإزالة الرواسب في قاع الخوض ونذكر أهم تلك الأجهزة المستعملة في محطات المعالجة :

- المرقد API والذي يعتمد على إزالة الطبقة السطحية بواسطة شفرة تتحرك على السطح .

- الخوض الدائري لازالة الزيوت والمصنع من قبل شركة Degremont الفرنسية .

- المرقد المعتمد على الصفائح المتوازية .

- التعويم الميكانيكي بواسطة تيار هوائي .

2- أحواض إزالة الزيت :

تعطي المرحلة الأولى من إزالة الزيوت مياه تحوي على 25 إلى 100 مغ / لتر من المواد الهيدروكربونية ولذلك يجب اتمام العملية وتخفيض نسبة المواد الهيدروكربونية في مياه الصرف إلى أقل من 20 مغ / لتر لتصبح متناسبة مع القوانين العامة لطرحها ضمن المياه السطحية أو لمعالجتها بالطريقة الحيوية . وتم تلك العمليات باستخدام إحدى الطريقتين التاليتين :

- التعويم باستعمال الهواء مع اضافة بوليمرات مساعدة للتكتل والتعويم كما تضاف المكتلات المعدنية للتخلص من الكبريت بطريقة الترسيب . تعتبر هذه الطريقة فعالة ولكن لا يمكن تطبيقها على المياه الساخنة .
- الترشيح تحت الضغط بعد اضافة بوليمرات اليكترولية موجهة .

3- إزالة الكبريت :

يتم التخلص من الكبريت المنحل في مياه الصرف الناتجة عن الصناعات البترولية بواسطة البخار أو بالأكسدة البطيئة بواسطة الهواء ، أو بالترسيب الكيميائي للكبريت باستعمال أملاح الحديد .

4 - المعالجة الحيوية :

تستخدم طرق المعالجة الحيوية الواردة سابقاً (الحمأة المنشطة، الأسرة البكتيرية، . .) في معالجة مياه الصرف الناتجة عن الصناعات البترولية غير أن تطبيق تلك الطرق يتم بعد عملية التخلص من الفحوم الهيدروجينية والمواد السامة والمعادن الثقيلة لأن تلك المركبات تقوم بدور مشط للفعالية البكتيرية .

5- عمليات المعالجة الإضافية :

تستعمل عمليات معالجة مختلفة لاتمام تصفية مياه الصرف مثل أحواض الامتزاز باستعمال الفحم المنشط أو الأكسدة بالأوزون أو الكلورة وغيرها .

5 - صناعات التخليق العضوي Synthèse

تستخدم المركبات البسيطة الناتجة عن تقطير الزيوت أو البترول مثل الاثيلين والبروبيلين والبنزن والتولوين والفينول والفورمول وغيرها في صناعات التخليق العضوي لمركبات أكثر تعقيداً كالبلاستيك والمواد الفعالة سطحياً والأصبغة والدهانات والمحلات والمواد اللاصقة والراتنجات (Résines) والمواد الصيدلانية ومواد أخرى عديدة تستعمل في مجالات الحياة المختلفة .

تجري تلك الصناعات على مراحل مختلفة منها الأكسدة والمهدرجة ونزع الهيدروجين والألكة والسلفنة والبلعمة وتحتاج تلك العمليات إلى وسائط عضوية ووسائط معدنية (Pt, Cr, Th, Co, Cu, Zn, Ti) ، وإلى محاليل ملحية مرتفعة التركيز مما يعطي مياه صرف غنية بتلك المركبات المستعملة إضافة إلى المركبات الناتجة عن التفاعلات الوسيطة .

نظراً للتنوع في المركبات المقذوفة داخل مياه الصرف واختلافها من مصنع إلى آخر فإن وضع طرق عامة لمعالجة مياه الصرف الناتجة عن الصناعات الكيميائية غير ممكن ولذلك سنكتفي بالتعرض لبعض طرق المعالجة المستخدمة في تصفية مياه الصرف الناتجة عن صناعات التخليق العضوي .

5-1 - المعالجة الفيزيائية الكيميائية الأولية :

تشمل المعالجة الفيزيائية الكيميائية الأولية على مراحل مختلفة أولها

عمليات الفصل للأطوار المختلفة (سائل - سائل ، سائل - صلب) بشكل مباشر أو بعد اجراء عمليات التكتل وذلك في حالة تمتع مياه الصرف بإحدى الخواص التالية :

- تركيز الزيوت والمحلات العضوية يفوق العشرة ميليفرام في اللتر .

- نسبة المواد المعلقة (MES) أو المواد الغروية تفوق 20 %.

- وجود عناصر سامة مثل الكبريت والمعادن الثقيلة .

يستعمل حوض إزالة الزيوت في مصانع الدهانات والأصبغة ومن ثم تجري عملية التكتل والترقيد في وسط معتدل (كلور الحديد والكلس الحي ومساعدات التكتل) يليه عملية تعويم باستعمال الهواء مما يخفض قيمة المواد المعلقة في مياه الصرف من 300 الى 15 مغ /لتر وارجاع قيمة الطلب الكيميائي للأكسجين (D C O) من 2900 الى 1650 مغ /لتر . تزيل هذه الطريقة أيضاً بعض المعادن الثقيلة مثل Zn, Pd, Cr والتميزة بسموميتها مما يسمح باستخدام المعالجة الحيوية فيما بعد .

تغطي مصانع الأدوية والمبيدات مياه صرف غنية بالمواد الغروية والمواد القاتلة للجراثيم (Bactéricides) والمبيدات (Pesticide) ولذلك فمن الواجب التخلص من تلك المواد قبل المعالجة الحيوية ويتم ذلك بإجراء عملية امتزاز على الفحم المنشط .

2-5 - المعالجة الحيوية :

تقدم طريقة المعالجة الحيوية حلاً مناسباً للمياه الحارة على مركبات كيميائية متنوعة وخاصة المحلات العضوية القابلة لعملية التفتقر الحيوي (Biodegradables) كالكحولات وحمض الخل والستونات . كما تحوي مياه الصرف

تلك مواد عضوية غير قابلة للتقهر الحيوي بشكل آني ويلزمها وقت لنمو وتكاثر البكتريا المناسبة لها مع تطبيق شروط خاصة بتلك التحولات .

تأكسد المركبات الدهنية الغير مشبعة (Aliphatiques) بسهولة أكبر من المركبات العطرية . أما مركبات ابيكلور هيدرين (epichlorhydrine) فتمتع بخاصية السمية للفعل البكتري ، بينما تتمتع مركبات أخرى (الايترازوبروبيل وثنائي اتيل الأمين وعديدي الايتيلين والجليكول والمورفولين) بفعل مقاوم للتقهر الحيوي ويمكن التغلب على مقاومة تلك المواد بإحداث شروط مناسبة وخاصة لنمو البكتريات المناسبة مما يحتاج إلى زمن معين قبل بداية العملية بشكل ملحوظ . كانت تصنف مادة الأنيلين ضمن المواد السامة والمثبطة للفعل البكتري إلى أن تم الحصول على بكتريا مناسبة لأكسدها بوجود الفينول والفورمول وأكدت النتائج التجريبية أن ارتفاع نسبة الأنيلين في حوض التهوية ضمن تلك الشروط الخاصة يؤدي إلى ارتفاع فعالية البكتريا .

تحتوي مياه الصرف الناتجة عن مصنع للمحلات العضوية ومادة المطاط الصناعي الملوثات التالية : Alcool Butylique, Isobutène Di - Isobutyle, Alcool Isopropylique, Paraffine, Furfurol Alkylphénols, Styrene, Butadiène .

ونذكر على سبيل المثال أن مصنع يعطي 15000 متر مكعب يومياً من مياه الصرف التي تبلغ حملتها 20 إلى 30 طن من DCO و 10 إلى 15 طن من BODs يومياً يتم معالجتها بطريقة الحوض الهوائي (الحمأة المنشطة) مع زمن للناس يبلغ 8 إلى 10 ساعات وتعطي تلك الطريقة نتائج جيدة تتمثل بمردود يصل إلى 85٪ من DCO و 95٪ من BODs . كما أثبتت تلك الطريقة صلاحيتها بالنسبة للكثير من المصانع الكيميائية ونوجز في الجدول التالي (جدول 24) تركيب مياه الصرف الناتجة عن مصنع لانتاج اللدائن العضوية والفينول والفورمول والبوله ومردود عملية المعالجة بطريقة الحوض الهوائي (الحمأة المنشطة) .

المادة الملونة	التركيز في مياه الصرف	المردود
الفورمول	300 — 400 مغ / لتر	97,5 — 99 %
الفينول	400 — 500 مغ / لتر	96 — 99,8 %
الأنيلين	1000 — 1500 مغ / لتر	95 — 100 %

جدول 24 : بعض الملوثات ومردود عملية المعالجة الحيوية .

تشمل محطة معالجة مياه الصرف للمصانع المنتجة للبولىميريات (الجزيئات الضخمة) عدة مراحل، حيث تتعرض المياه في البداية إلى عملية مزج للمياه القادمة من أقسام المصنع المختلفة لأحداث حالة تجانس للوسط . تزال بعد ذلك الألوان باستعمال الكلور الحي في وسط قلوي ($PH = 12$) يلي تلك المرحلة المعالجة الحيوية (الخوض الهوائي) المتبوعة بحوض إزالة الأزوت ومن ثم حوض الترويق النهائي . يعطي الجدول التالي (جدول 25) النتائج التي تم الحصول عليها من إحدى المحطات المتضمنة على المراحل الواردة أعلاه والمقامة على مصنع كبير لتصنيع البولىميريات .

المقاس المصل	قبل المعالجة مغ / ل	بعد المعالجة مغ / ل	المردود
DBO_5	1800	300	83 %
DCO	3000	أقل من 400	87 %
آزوت كلـى N	200	30	85 %
نترات NO_3	200	50	75 %

جدول 25 : نتائج التحليل في محطة لمعالجة مياه الصرف الناتجة عن مصنع لانتاج البولىميريات

5-3 - المعالجة الفيزيائية الكيميائية النهائية :

تعطي بعض الصناعات بقايا عضوية غير قابلة للتدهور الحيوي ولذلك تضاف مرحلة أخرى على المراحل السابقة، وتتمثل تلك المرحلة بإجراء عملية الامتزاز على سطح الفحم المنشط أو مادة فعالة أخرى. ويستعمل في مصانع المركبات العضوية البوليميرية المعطية لمخلفات سائلة نيترية (Dinitro toluèn , Dinitrobenzène) أو مخلفات كلورية (Chlorobenzène ,....) الامتزاز على الفحم المنشط في وسط حمضي ($PH=3$) ومن ثم يتم تعديل الوسط قبل طرح المياه في المجاري العامة أو المياه السطحية . ويتم التخلص بالطريقة السابقة من 85 % من الكربون العضوي الكلي (COT) في حالة احتواء الماء قبل المعالجة على نسبة تتراوح بين 800 و 1000 مغ / لتر من الكربون العضوي .

6 - التعدين والصناعات الملحقة به :

6-1 - صناعة الحديد :

تحتوي مياه الصرف الناتجة عن صناعة الحديد الأنواع الرئيسية التالية :
أ - المياه المشبعة بالأمونيا والناتجة عن فرن الفحم وتحتوي على الفينولات والأمونيا والكبريت والسيانور و سلفوسيانور وتركيز مرتفع من شوارد الكلور . ويتم عملية معالجة تلك المياه باتباع المراحل التالية :

- إزالة القطران بعملية ترقيد أو ترشيح أو كلاهما معاً .
- التخلص من الأمونيا بواسطة هيدروكسيد الصوديوم أو الكلس الحي .
- تعديل المياه بعد مرحلة التخلص من الأمونيا وتبريدها .
- معالجة حيوية بواسطة حوض التهوية .

- ترقيد المياه الخارجة من حوض التهوية مع اجراء عملية امتزاز داخل حوض الترقيد وباستعمال الفحم المنشط .

ب - مياه الصرف الناتجة عن غسل الغازات المنطلقة من الفرن العالي وتحوي تلك المياه على الأمونيا والسيانور وسيلفوسيانور وشوائب من الفينول والمعادن الثقيلة (Pd,Zn) . تعالج تلك المياه بطريقة الترسيب الكيميائي للمعادن الثقيلة وللسيانور باستخدام أملاح الحديد أو باستخدام مؤكسدات قوية ومن ثم يتم التخلص من الأمونيا بواسطة هيدروكسيد الصوديوم أو الكلس الحي .

ج - المياه الناتجة عن وحدة تصفيح المعادن على البارد : وتحوي على المياه الحمضية (حمض كلور الماء، حمض الكبريت، حمض الأزوت) وتعالج بالتعديل والأكسدة الهوائية لترسيب الحديد على شكل هيدروكسيد الحديد . ويتم التخلص من الكروم المنحل باستخدام المبادلات الشاردية أما الزيوت والشحوم فإنها تزال بحوض خاص بذلك .

2-6 - صناعة معالجة السطوح :

أ - تقنية معالجة السطوح : تجري عمليات معالجة السطوح للمواد المعدنية وللمواد البلاستيكية أيضاً . ويكون الهدف من تلك المعالجة حمايتها من التآكل والصدأ أو تغيير خواصها السطحية الفيزيائية أو تحمين مظهرها الخارجي وصقلها .

تجري عمليات معالجة السطوح في أحواض تحوي على تراكيز عالية من المواد الكيميائية حيث تغمس القطع المعدنية أو البلاستيكية المراد معالجتها داخل الحوض ليحدث تفاعل كيميائي بين المحلول والسطح أو تفاعل كيميائي كهربائي . وعند اخراج تلك القطع من المحلول تكون مبللة به ولذلك يتم غسلها

قبل انتقالها إلى حوض آخر ولذلك فإن مياه الصرف تنقسم إلى قسمين هما :

- مياه أحواض المعالجة التي يتم التخلص منها بعد الاستعمال وتحوي على تراكيز عالية من المواد الكيميائية .

- مياه الغسيل وتحوي على المواد الكيميائية ذاتها ولكن بتركيز خفيفة جداً مقارنة مع أحواض المعالجة .

وتحوي مياه الأحواض ومياه الغسيل مركبات عضوية ومعدنية مختلفة أهمها :

- مواد عضوية كالزيوت والشحوم والمواد المساعدة على التبلل والمعدنات العضوية المستعملة بشكل واسع في الطرق الحديثة لمعالجة السطوح .

- مواد معلقة كأكاسيد المعادن وهيدروكسيدها والمواد المنظفة

- مواد معدنية منحلة كالمعادن والسيانور وغيرها .

ونورد فيما يلي أمثلة على محتويات أحواض المعالجة المستعملة :

1- حوض اليكتر وليت النحاس :

Cu	14 - 20 مغ / ليتر
CN	22 - 27 مغ / ليتر
Acide Tartrique	0 - 15 مغ / ليتر

2- حوض اليكتر وليت الكاديوم :

Cd	10 - 20 مغ / ليتر
CN	40 - 50 مغ / ليتر

3- حوض اليكتر وليت الزنك :

Zn	20 - 35 مغ / ليتر
CN	30 - 50 مغ / ليتر
NaOH	40 - 90 مغ / ليتر

تحتوي مياه الصرف الناتجة عن المصنع كافة المركبات الموجودة في أحواض

المعالجة اضافة إلى المعادن الناتجة عن التفاعلات الكيميائية والكيميائية الكهربائية .

ب - تصفية مياه الصرف :

1 - تصنيف الملوثات الناتجة ومعالجتها: يمكن تصنيف الملوثات الناتجة ضمن أربعة أنواع مختلفة هي :

- المواد السامة : السيانور والكروم السداسي والفلور

- المواد المغيرة لـ PH الوسط : حموض او أسس

- مواد معلقة : هيدروكسيد المعادن وكربونات المعادن وفوسفات المعادن

- عناصر أخرى مختلفة : كبريت ، حديد ثنائي ، . . .

وبالتالي فإن طرق المعالجة تقسم أيضاً إلى أربعة أقسام هي :

- طرق الارجاع الكيميائي لمركبات الكروم السداسي

- تعديل PH الوسط -

- طرق الأكسدة لمركبات السيانور والحديد الثنائي والكبريتيت والنيتريت

- الترسيب الكيميائي والترقيد والترشيح .

2 - التفاعلات الأساسية لعمليات الأكسدة والأرجاع :

يؤكسد السيانور المعروف بسموميته العالية إلى السيانات المدومة السمية . ويتم عملية الأكسدة في وسط قلوي وباستخدام مؤكسيدات قوية مثل الهبوكلوريت وغاز الكلور وحمض كارو (H_2SO_4) وغيرها . وفيما يلي التفاعلات الحادثة :

- مع الهيبوكلوريت :



- مع غاز الكلور :



- مع حمض كارو:

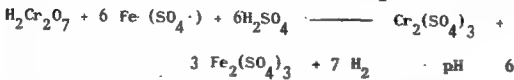
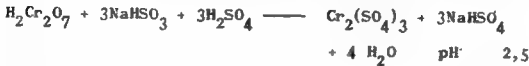


تحدث تلك التفاعلات في وسط قاعدي (PH أعلى من 12) لتجنب تشكل مركبات سامة في حالة استخدام أوساط أقل قاعدية. كما نشير أن هناك امكانية استمرار عملية الأكسدة لاعطاء غاز الأزوت وتحطيم السيانات:

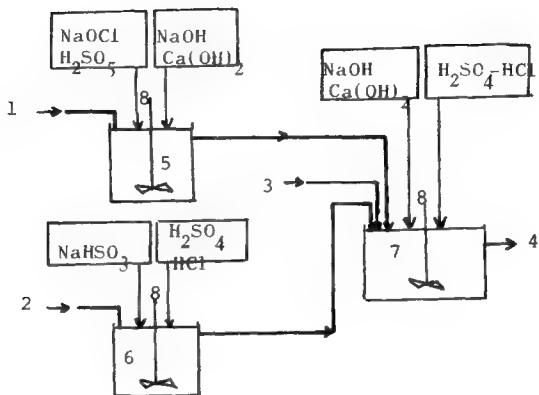


غير أن التفاعل الأخير يتطلب كمية كبيرة من الكواشف تعادل ثلاثة أضعاف الكمية اللازمة لاجداث عملية الأكسدة الى السيانات فقط، كما يلزمه وقت طويل لانتهاء عملية الأكسدة (5 إلى 90 دقيقة) مما يجعل عملية الأكسدة الكاملة باهظة التكاليف ولذلك يتم الاكتفاء بالأكسدة الأولية وتحويل السيانونور إلى سيانات.

يرجع الكروم السداسي السام إلى الكروم الثلاثي الأقل سمية والقابل للترسيب على شكل هيدروكسيد الكروم. تتم عملية الارجاع بواسطة كبريتيت الصوديوم أو كبريتات الحديد في وسط حمضي:



3- مراحل معالجة مياه الصرف: يوضح الشكل 31 مخططاً لمحطة كاملة لمعالجة مياه الصرف الناتجة عن أحواض معالجة السطوح. وتحتوي تلك المحطة على عمليات الأكسدة والارجاع والتعديل والترسيب الكيميائي. تعالج المياه الحاوية على تراكيز منخفضة من الملوثات بواسطة المبادلات الشاردية مما يسمح بإعادة استخدام المياه واستعادة استعمال المعادن



- 1 - مياه الصرف الحامضية على السيانونور، 2 - مياه الصرف الحامضية على الكروم
 3 - مياه الصرف القلوية والحامضية، 4 - المياه المعالجة والمتجهة الى حوض الترقيد
 5 - حوض ازالة السيانونور، 6 - حوض ازالة الكروم، 7 - حوض التعديل، 8 - خلاط

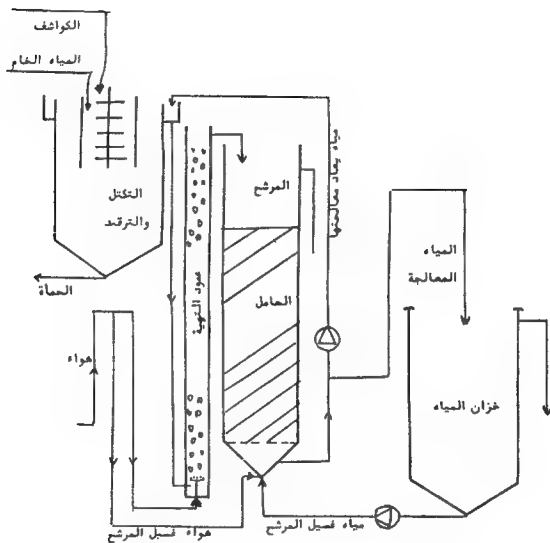
شكل 31

مخطط لمحطة لازالة السمومية من مياه الصرف والمتمثلة بازالة السيانونور والكروم

ملحق 1 : المعايير المعتمدة في كل من سويسرا وإيطاليا لمياه الصرف الصناعية المسموح طرحها في المياه السطحية .

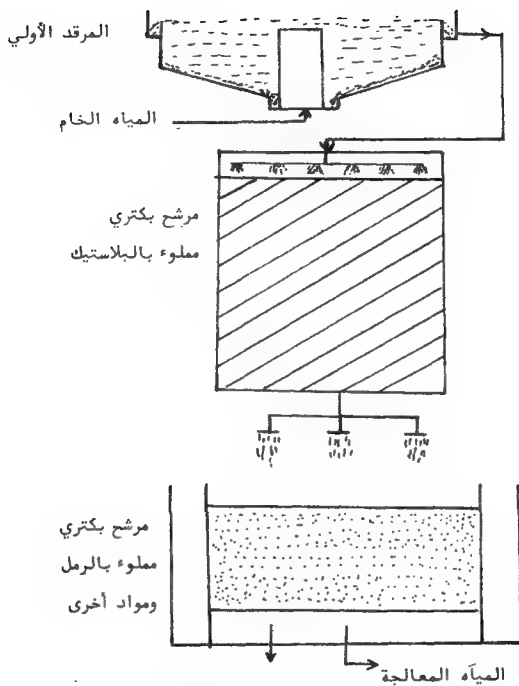
المعيار	إيطاليا	سويسرا
PH	5,5 - 9,5	6,5 - 8,5
Tc°	30	30
MES	80	20
DBO ₅	40 - 80	20
DCO	160	—
المعادن السامة	3	—
ألنيوم	1	1
أرسينيك	0,5	0,1
باريوم	20	5
كوبالت	—	0,5
كادميوم	0,02	0,1
كروم ثلاثي	2	2
كروم سداسي	0,2	0,1
حديد	2	2
منغنيز	2	—
زئبق	0,005	0,01
نيكل	2	2
رصاص	0,2	0,5
نحاس	0,1	0,5
زنك	0,5	2
سيلانور	0,5	0,1

المعايير	إيطاليا	سويسرا
كبريتات	1000	—
شوارد الكلور	1200	—
آزوت الأمونيا	15	—
آزوت نيتريت	0,6	1
آزوت النترات	20	—
زيوت وشحوم	20	20
زيت معدني	5	—
فينول	0,5	0,2
الدهيد	1	—
محلات عضوية	0,2	—
محلات آزوتية	0,1	—
محلات كلورية	1	0,1
مواد فعالة سطحياً	2	—
المبيدات العضوية الكلورية	0,05	—
المبيدات العضوية الفوسفورية	0,1	—
كوبلنوم (في 100 مل ماء)	20000	—
كوليفورم غليطة (بزلوية)	12000	—
(في 100 مل ماء)		
ستريبتوكوك غليطة (بزلوية)	2000	—
(في 100 مل ماء)		
شوارد الفلور	6	10



ملحق 2

المرشح البكتري المغذى بالهواء المعاكس في اتجاهه لتدفق الماء



ملحق 3

محطة معالجة المياه Dellingsen المخصصة لمعالجة مياه الصرف الناتجة عن مصنع للورق

المصطلحات العلمية

Acides Gras	حموض دسمة
Alcalimétrique des Eaux (T A)	مقياس قلوية الماء
Alcalimétrique Complete (T A C)	مقياس القلوية الكاملة
Autoépuration	تنقية ذاتية
Acide Humique	حمض الدبال
Aération	تهوية
Aérobie	هوائي
Anaerobie	لا هوائي
Antibiotiques	مضادات حيوية
Albumines	زلال
Biodégradation	تفكك حيوي
Biodégradabilité	قابلية التفكك الحيوي
Biosphère	محيط حيوي
Boues	حمأة (أوحال)
Boue Activée	حمأة منشطة (أوحال منشطة)
Brasserie	مصنع الجعة
Biosorption	امتزاز حيوي
Carbon Organique	كربون عضوي
Centrifuge	منقلة
Caséine	جبنين
COT	كربون عضوي كلي

Couches Superposées	طبقات متراكبة
Champ d'épandage	حقل تصفية مياه المجاري
Chapeau de Digestion	غطاء الهاضم
Coagulation	التخثر والتكتل (في مجال معالجة المياه)
Charge Massique (Cm)	حمولة كتلوية
Charge Volumique (Cv)	حمولة حجمية
Chimiotrophe	كيميائية التغذية
Coliforme	كوليفورم (يكثريا تتواجد في البيئة المائية)
Coliforme Fécaux	كوليفورم غيطي
DTO	الطلب الكلي للأكسجين
Desinfection	تطهير (تستعمل كلمة تعقيم في أكثر المصادر)
DBO	الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين
DCO	الطلب الكيميائي للأكسجين
Disque Biologique	قرص حيوي
Dénitrification	إزالة النترات (تحويل النترات إلى مركبات أخرى)
Décantation	ترقيد
Détergant	منظفات
Epuraton	تصفية
Ependage	مصفى مياه المجاري
Ependre	فرش الأسمدة
Epaississement	تخثير الحماة
Eaux Résiduaires Urbaines	مياه الصرف الحضرية
Eaux Résiduaires Industrielles	مياه الصرف الصناعية
Equivalent- Habitant (EH)	مخلفات شخص واحد
Finition Textile	اتمام عملية النسيج
Fosse Septique	حفرة التعفن

Flottation	نعويم
Floculation	تكتل
Germes Pathogènes	جراثيم ممرضة
Hétérotrophe	شاذة التغذية
Humification	تدبّل
Herbicide	مبيد النباتات
Humique	دبال
Insecticide	مبيد الحشرات
Lactose	لاكتوز
Laitier	جفاء (ما يتخلف عن خبث زجاجي عند صهر المعادن).
Lits Bactériens Successifs	أسرة بكتيرية متوالية
Lits Bactériens Alternés	أسرة بكتيرية متناوبة
Lits Bactériens Immergés	أسرة بكتيرية مغمورة
Incénération	تحويل إلى رماد
Latex	لبن نباتي
Matières en Suspension (MES)	مواد معلقة
Matières Décantables	مواد قابلة للترقيد
Matières non Dissoutes	مواد غير منحلة
Mélasses de Betterave	دبس الشوندر
Matières Grasses	مواد دهنية
Mucilages	لعاب النباتات
Matières Volatiles en Suspension	مواد معلقة قابلة للتبخّر
Niveau Piézométrique	مستوى الماء الباطني
Nitrification	نترجة
Osmose Inverse	حلول عكوس

Oxygénation	أكسجة
Precipitation	ترسب
Pouzzolane	بزلان
Perte de Charge	ضغط خلفي
Perméable	نفوذ
Pesticide	مبيد
Pollution Fécale	تلوث غيطي
Résines	لدائن عضوية - راتنجيات
Résidu Fixe	متبقي ثابت
Rejets Industriels	فضلات صناعية
Synthèse	تخليق عضوي
Sedimentation	ترسب
Traitement des Boues	معالجة الحمأة
Toit du Substratum	سقف الطبقة التحتية
Vinasse	بقايا العصرة الكحولية
Zone de Saturation	منطقة مشبعة
Autotrophe	ذاتية التغذية
Clarificateur	مُروِّق
Aération Prolongée	تهوية مطولة
Epehdage Souterram	تصفية تحت سطح الأرض

المراجع الأجنبية

- FMEINCK, H. STOOFF, H. KOHLSCHUTTER

Eaux Résiduaires Industrielles

Traduction par GASSER Paris 1977

- Université des Sciences et des Techniques d'Alger cours d'Assainissement
Urbain

O.P.U. Alger 1980

- F. RAMADE

Eléments d'Ecologie, Ecologie Appliquée Paris 1982

- DEGREMONT

Mémento Technique de l'Eau, Paris 1978

- J. BORMANS

Analyse des Eaux Résiduaires Industrielles, Paris 1974

- J. RODIER

L'Analyse de L'Eau, Paris 1978

- AQUAPROX

le Traitement des Eaux, Tome1 : Eaux Naturelle, Eaux de Refroidissement

- R. BREMOND, R. VUICHARD

Paramètres de la Qualité des Eaux,

- R. J. GEOLGUE

L'Epuraton des Eaux Usées Domestiques, Trib. Cebedeau N☆ 513- 514,
39 PP 1- 54 (1986).

- P. BOUTIN

Éléments pour une Histoire des Procédés de Traitement des Eaux Résiduaires.

Trib. Cebedeau N☆ 511- 512, 39, PP 3- 18 (1986)

N☆ 515 , 39, PP 30- 44 (1986)

N☆ 517 , 39 PP 35- 46 (1986)

- G. ARNAUD

Quelque Cas Typiques de Pollution d'Eau de Nappe

T.S.M. L'EAU N☆ 10, PP.465- 474 (1986)

- M. Vuillot, C. BOTIN

Les Systèmes Rustiques d'Épuration, Trib. Cebedeau

N☆ 518, 40 PP 21- 31, (1987)

- FAYOUX

Critères de Caractérisation de Classification d'une Boue

J. I. E. (Journées Information Eaux) Poitiers 1980

- BEBIN

Évolution Récente des Techniques d'Épuration des Eaux

Résiduaires Urbaines, G. I. E. Poitiers 1982

- J. LARNICOL

Les Objectifs de Qualité des Eaux Superficielles

G. I. E. Poitiers 1984

- P. BOUTIN, B. ROUSSEAU

L'Utilisation des Eaux Résiduaires en Agriculture

J. I. E. Poitiers 1984

- J. BIZE, D. GEOFFRAY, B. GUERIN, N. NIVAUT

L'Épuration par Sol: Techniques et Performances

J. I. E. Poitiers 1984

المراجع العربية

- نصر الحايك
تلوث المياه وتنقيتها، الجزائر 1989
- محمد العودات
التلوث وحماية البيئة، دمشق 1988
- كنت ميلاني، ترجمة الشيباني علي الغنودي
بيولوجيا التلوث، طرابلس 1980
- عصام المياس
مشاكل تلوث البيئة الزراعية، بيروت 1981
- رنيه كولاس ترجمة محمد يعقوب
تلوث المياه، بيروت 1981

الفهرس

المقدمة	5
---------	---

الفصل الأول

لمحة تاريخية عن معالجة مياه الصرف

1 - حفر المجاري العامة	7
2 - المحاولات الأولى لعمليات الترسيب والترشيح	8
3 - تصفية مياه الصرف وإعادة استعمالها في ري المزروعات :	
مصفى مياه المجاري	9
4 - تحليل مياه الصرف	12
5 - السرير البكتري	13
6 - نظام الدوران أو القرص الحيوي	15
7 - الحمأة المنشطة	16
8 - معالجة الحمأة	19

الفصل الثاني

نوعية مياه الصرف ومصادرها

1 - مصادر مياه الصرف	22
1-1 - مياه الصرف الناتجة عن الاستعمالات المنزلية	22
2-1 - مياه غسيل الساحات والشوارع	24
3-1 - مياه الصرف الصناعية	24
4-1 - المياه النقية المتسربة الى المجاري العامة	25
5-1 - مياه الأمطار	25

- 26 2 - مواصفات مياه الصرف
- 26 1-2 - التدفق
- 27 2-2 - الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين
- 28 3-2 - المواد المعلقة
- 28 3 - تأثير مياه الصرف الصناعية على المجاري

الفصل الثالث

تصفية مياه الصرف بواسطة التربة

- 31 1 - مقدمة
- 35 2 - قدرة التربة على تصفية مياه الصرف
- 36 1-2 - تحلل المواد القابلة للأكسدة
- 37 2-2 - المركبات الأزوتية
- 39 3-2 - المركبات الفوسفورية والصدئية
- 39 4-2 - الجراثيم الممرضة

الفصل الرابع

طرق التصفية الفردية لمياه الصرف المنزلية

- 42 1 - حفرة التعفن
- 42 1-1 - مراحل عملية التصفية في حفرة التعفن
- 44 2-1 - بناء حفرة التعفن
- 46 3-1 - القياسات المطلوبة لحفرة التعفن
- 47 2 - المرافق الملحقة بحفرة التعفن
- 47 1-2 - المرشحات البكتيرية
- 51 2-2 - أحواض فصل الزيوت والشحوم
- 51 3-2 - التصفية تحت سطح الأرض
- 56 4-2 - طريقة حوض الامتصاص

الفصل الخامس المعالجة الحيوية لمياه الصرف

- 63 1 - السرير البكتري أو المرشح البكتري
- 64 1-1 - أسس نظرية
- 65 2-1 - نوعية المواد المستعملة في المرشح البكتري
- 67 3-1 - الأنواع المختلفة للأسرة البكتريّة
- 71 4-1 - الميزات الأساسية للمرشحات البكتريّة
- 73 2 - طريقة أحواض التهوية أو الحمأة المنشطة
- 74 1-2 - مردود حوض التهوية
- 78 2-2 - أنواع أحواض التهوية
- 82 3-2 - المراحل المكتملة لحوض التهوية
- 83 4-2 - معالجة الحمأة المنشطة
- 4 - محطات معالجة مياه الصرف
- 89 الحضرية (مياه المجاري العامة)
- 89 1-3 - محطات المعالجة المستعملة لأحواض التهوية المطولة
- 91 2-3 - محطات المعالجة ذوي الاستطاعات المتوسطة
- 91 3-3 - محطات المعالجة ذوي الاستطاعات العالية
- 94 4-3 - المحطات الجامعة بين حوض التهوية والسرير البكتري

الفصل السادس المعالجة الفيزيائية الكيميائية

- 103 1-2 - الكتلات اللامعدنية ومساعدات التكتل
- 104 3 - الترقيد أو الترسيب
- 105 4 - طريقة الجمع بين المعالجة الفيزيائية الكيميائية والمعالجة الحيوية
- 100 1 - عملية التكتل
- 100 2 - الكتلات
- 100 1-2 - المواد المخثرة الكتلة المعدنية

الفصل السابع

معالجة مياه الصرف الصناعية

109	1 - الصناعات الزراعية والغذائية
109	1-1 - صناعة الحليب ومشتقاته
115	2-1 - صناعة حفظ الخضار والفواكه
119	3-1 - مصانع حفظ اللحوم والمسالخ
121	4-1 - صناعة السكر
123	5-1 - مصانع الزبدة والسمن والزيتون
124	2 - صناعة الورق
124	1-2 - صناعة الورق العادي والورق المقوى
127	2-2 - صناعة عجينة الورق
128	3 - صناعة النسيج
128	1-3 - نوعية الفضلات السائلة
130	2-3 - طرق المعالجة
131	4 - الصناعات البترولية
132	1-4 - مصادر التلوث بالمركبات البترولية
133	2-4 - طرق المعالجة
145	5 - صناعة التخليق العضوي
135	1-5 - المعالجة الفيزيائية الكيميائية الأولية
136	2-5 - المعالجة الحيوية
139	3-5 - المعالجة الفيزيائية الكيميائية النهائية
139	6 - التعدين والصناعات الملحقة به
139	1-6 - صناعة الحديد
140	2-6 - صناعة معالجة السطوح
145	ملحقات
149	المصطلحات العلمية
153	المراجع الأجنبية
155	المراجع العربية

دار الحصاد للنشر والتوزيع
دمشق - بrameة - جانب سانا - هـ ٢٤٦٣٢٦